



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 32 232 A 1**

⑤ Int. Cl.7:
F 02 D 13/02
F 02 D 21/08
F 02 D 41/00

⑳ Aktenzeichen: 100 32 232.8
㉔ Anmeldetag: 3. 7. 2000
㉕ Offenlegungstag: 15. 2. 2001

DE 100 32 232 A 1

③0 Unionspriorität:
11-191205 06. 07. 1999 JP

㉗ Anmelder:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

㉘ Vertreter:
Beetz und Kollegen, 80538 München

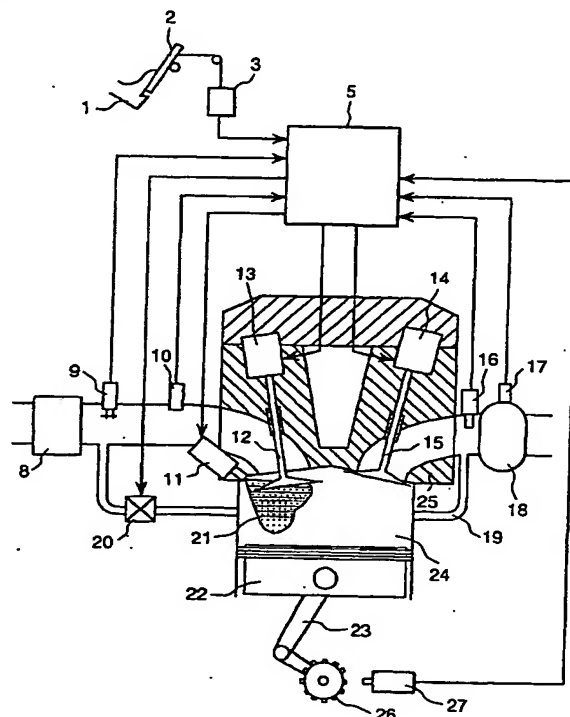
㉚ Erfinder:
Shiraishi, Takuya, Hitachinaka, JP; Nogi, Toshiharu,
Hitachinaka, JP; Ohsuga, Minoru, Hitachinaka, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Selbstzündungsmotor und Steuerverfahren desselben

⑤7 Ein Zylinderinnenzustand (Temperatur (T) oder Druck (P)) nach einer Verdichtung in einer Brennkammer (24) eines Motors (99) wird geschätzt oder erfaßt, bevor ein Verbrennungsphänomen eintritt, eine AGR-Menge und ein Öffnungs- und Schließzeitpunkt eines Einlaßventils (12) werden gesteuert.



DE 100 32 232 A 1

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors und insbesondere ein Steuerverfahren zur Optimierung des Zündzeitpunkts zu einer Zeit hohen Drehmoments, zu der sich eine Kraftstoffmenge erhöht hat.

Ein herkömmlicher Selbstzündungsmotor ist in der JP A 10-252541 beschrieben, bei dem eine Zündung in der Nähe eines oberen Verdichtungstotpunktes bewirkt wird, wobei ein Kaltflammenbereich vermieden wird, der vor dem Zustandekommen einer heißen Flamme verursacht wird.

Jedoch ist im herkömmlichen Motor ein Verdichtungsverhältnis festgelegt. Selbstzündungsmotoren haben das Problem, daß der Verdichtungsdruck schnell anwächst und ein Klopfen vorkommt, wenn das Drehmoment groß ist (in dem Fall, in dem eine Kraftstoffmenge groß ist und ein Luft-/Kraftstoffverhältnis klein ist). Dieses kommt daher, daß eine Selbstzündung früher als zu einem geeigneten Zündzeitpunkt auftritt und eine Flamme von diesem Teil als Feuerquelle fortgepflanzt wurde. Auf diese Weise entsteht das Problem, daß der Zündzeitpunkt zu einer Zeit hohen Drehmoments nicht gesteuert werden kann, da der herkömmliche Selbstzündungsmotor keine Zwangszündeinrichtung wie eine Zündkerzenvorrichtung besitzt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung zu ermöglichen, daß der Zeitpunkt der Selbstzündung steuerbar ist.

Um die obige Aufgabe zu lösen, wird in der vorliegenden Erfindung ein Zylinderinnenzustand (Temperatur oder Druck) innerhalb einer Motorbrennkammer nach der Verdichtung vor dem Eintreffen eines Verbrennungsphänomens geschätzt oder erfaßt und eine AGR-Menge und ein Zeitpunkt des Einlaß-/Auslaßventilöffnens/-schließens gesteuert, so daß der Zylinderinnenzustand in einen Kaltflammenbereich eintritt, der zu einem Auslöser des Selbstzündungsphänomens wird.

Konkret sind vorgesehen: Ein Ventilmechanismus einschließlich einem Einlaßventil und einem Auslaßventil, die jeweils mit einem Motorzylinder eingebaut sind, ein Kraftstoffeinspritzventil mit einem Einspritzkanal, der in eine Brennkammer geöffnet ist, die von einem Kolben und einer Zylinderwand des Motors umgeben ist, eine Betriebszustandserfassungseinrichtung zum Erfassen von Betriebszuständen des Motors, eine Luft-/Kraftstoffverhältnisseinstelleinrichtung zum Einstellen des Luft-/Kraftstoffverhältnisses, eine Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung zum Schätzen der Temperatur oder des Drucks innerhalb des Zylinders und eine Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung zum Steuern der Temperatur oder des Drucks innerhalb des Zylinders, wobei die Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung in Abhängigkeit von den Schätzergebnissen, die von der Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung geschätzt werden, so steuert, daß die Zylinderinnentemperatur oder der Druck in der Nähe des oberen Verdichtungstotpunktes einen Kaltflammenbereich durchläuft, der ein Kraftstoffzündbereich ist, der durch Beziehungen von Temperatur und Druck ausgedrückt wird.

Außerdem weist die vorliegende Erfindung konkret das folgende Merkmal auf. Wenn die Beschaffenheit von Benzin (z. B. normales Benzin oder Benzin hoher Oktanzahl) bestimmt wird, wird eine Selbstzündgrenze in bezug auf ein Verhältnis zwischen einem Zylinderinnendruck (der sich in

Abhängigkeit von der Position eines Kolbens ändert) und einer Temperatur eines gasförmigen Gemisches (siehe Fig. 4B und Fig. 8) bestimmt. In einem Bereich 43 eines vorgeschriebenen Temperatur- und Druckzustands erfolgt eine Vorverbrennung (kalte Flamme), die keinen direkten Einfluß auf die Drehmomenterzeugung hat. In der vorliegenden Erfindung wird ein Luft-/Kraftstoffverhältnis gesteuert, so daß die kalte Flamme vor der Verbrennung (heiße Flamme) erzeugt wird, die einen direkten Einfluß auf die Drehmomenterzeugung hat.

Selbstverständlich ist es möglich, die kalte Flamme vor der direkt die Drehmomenterzeugung beeinflussenden Verbrennung (heiße Flamme) durch Steuerung des Zylinderinnendrucks oder der Zylinderinnentemperatur zu erzeugen, unter der Bedingung, daß ein Luft-/Kraftstoffverhältnis auf einen vorgeschriebenen Wert festgelegt ist.

Weiterhin wird die "kalte Flamme" auch "Kühlflamme" oder "Niedertemperaturflamme" genannt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Selbstzündungsdirekteinspritzmotors, der die vorliegende Erfindung verwendet,

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Steuereinheit der vorliegenden Erfindung,

Fig. 3 eine Darstellung zur Erläuterung eines Luft-/Kraftstoffverhältnisseinstellverfahrens,

Fig. 4A eine Darstellung, die eine Zylinderinnendruckwellenform und eine Wärmefreisetzungswellenform zeigt, die für den Selbstzündungsmotor kennzeichnend sind,

Fig. 4B eine Darstellung eines Zylinderinnenzustands und von Zündgrenzen, die für den Selbstzündungsmotor kennzeichnend sind,

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Zylinderinnenschätzeinrichtung mit einem Steuerverfahren der vorliegenden Erfindung,

Fig. 6 eine Darstellung der Beziehungen zwischen AGR-Verhältnissen und Zylinderinnentemperaturen nach einer Verdichtung und zu Verdichtungsbeginn,

Fig. 7A eine Darstellung einer Beziehung zwischen dem Ventilöffnungszeitpunkt eines Einlaßventils und Zylinderinnendruck,

Fig. 7B eine Darstellung einer Beziehung zwischen Ventilöffnungszeitpunkten eines Einlaßventils und Einlaßluftmengen,

Fig. 8 eine Darstellung der Zylinderinnentemperatur- und -druckgeschichte bei zwei Einspritzungen,

Fig. 9 eine Darstellung des Inneren einer Brennkammer und einer Gemischbedingung bei zwei Einspritzungen,

Fig. 10 ein Flußdiagramm der erfindungsgemäßen Zündzeitpunktsteuerung,

Fig. 11 eine Darstellung einer Beziehung zwischen der Kraftstoffzündbarkeit und Kaltflammenenerzeugungsbereichen,

Fig. 12 eine Darstellung einer Beziehung zwischen Kraftstoffgemischverhältnissen und Zündbarkeit,

Fig. 13 eine schematische Darstellung eines Aufbaus eines Kraftstofftanks,

Fig. 14 eine schematische Darstellung eines Aufbaus eines Kraftstofftanks mit einer Kraftstoffmischvorrichtung,

Fig. 15 eine schematische Darstellung eines Motorsystems einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform,

Fig. 16 eine Darstellung eines Betriebsbereichs der zweiten Ausführungsform,

Fig. 17 ein Flußdiagramm einer Startsteuerung der zweiten Ausführungsform,

Fig. 18 Zeitdiagramme für den Fall der Anwendung der Startsteuerung,

Fig. 19 ein Flußdiagramm der Umschaltsteuerung der Betriebsbereiche der zweiten Ausführungsform,

Fig. 20 Zeitdiagramme für den Fall der Anwendung der Steuerung der Umstellung von Betriebsbereichen,

Fig. 21 eine schematische Darstellung eines Aufbaus einer Steuereinheit einer dritten erfindungsgemäßen Ausführungsform,

Fig. 22 eine schematische Darstellung eines Motorsystems der dritten Ausführungsform,

Fig. 23 eine Darstellung einer Zylinderinnendruckwellenform, einer Wärmefreisetzenwellenform und einer Ionenstromwellenform, die kennzeichnend für einen Selbstzündungsmotor sind,

Fig. 24 ein Flußdiagramm der Zündzeitpunktückführungsteuerung der dritten Ausführungsform,

Fig. 25 ein Blockdiagramm zur Erläuterung der Reaktionsabläufe einer Selbstzündung,

Fig. 26 eine perspektivische Darstellung einer vierten erfindungsgemäßen Ausführungsform,

Fig. 27 ein Blockdiagramm einer Steuereinheit der vierten erfindungsgemäßen Ausführungsform,

Fig. 28 jeweilige schematische Ansichten einer Einspritzventilposition eines Direkteinspritzmotors,

Fig. 29A eine schematische Darstellung eines Variabelventilmechanismus mit Phasendifferenz,

Fig. 29B eine Darstellung des Betriebes des in Fig. 29A gezeigten Mechanismus,

Fig. 30A eine schematische Darstellung eines elektromagnetischen Ventilmechanismus,

Fig. 30B eine Darstellung des Betriebes des in Fig. 30A gezeigten Mechanismus,

Fig. 31A und 31B jeweils schematische Darstellungen eines Luftflusses oder von Luftflüssen innerhalb eines Zylinders,

Fig. 32A und 32B jeweils Ansichten eines Aufbaus eines Hilfseinlaßpfades, der Trommelluftflüsse bildet,

Fig. 33A eine schematische Ansicht eines Motoraufbaus mit einem TCV, das Trommelluftflüsse ausbildet, und

Fig. 33B eine Ansicht von TCVs.

BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden im folgenden mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

Ein in Fig. 1 gezeigter Motor ist mit einem Kurbelmechanismus 23 versehen, und eine Brennkammer 24 ist durch einen mit dem Kurbelmechanismus 23 verbundenen Kolben 22 und einem Motorkopf ausgebildet. Die Brennkammer 24 ist durch ein Einlaßventil 12, ein Auslaßventil 15 und ein Kraftstoffeinspritzventil 11 luftdicht verschlossen, die jeweils im Motorkopf 25 angebracht sind. Das Einlaßventil 12 und das Auslaßventil 15 werden jeweils durch Variabelventilmechanismen 13 und 14 bewegt. Der Motor läßt durch Heben des Kolbens 22 für eine Verbrennung benötigte Luft in die Brennkammer 24 ein. Die in den Motor einzulassende Luft enthält Staub, der durch einen Luftfilter 8 entfernt wird, und eine mit einem Luftmengenmesser 9 gemessene Einlaßluftflußrate eine Steuereinheit 5 zum Steuern des Motors erfährt einen Motorbetriebszustand in Abhängigkeit von Signalen verschiedener Sensoren und steuert in Abhängigkeit von den erfaßten Ergebnissen die Variabelventilmechanismen 13, 14, ein AGR-Ventil 20 und das Kraftstoffeinspritzventil 11, die jeweils am Motor angebracht sind. Betriebsgrößen eines Gaspedals 2, das von einem Fahrer 1 des Fahrzeugs, an dem der Motor angebracht ist, betätigt wird, wer-

den in elektrische Signale umgewandelt und in die Steuereinheit 5 eingegeben.

In Fig. 2 ist ein Aufbau der Steuereinheit 5 gezeigt. Signale verschiedener Sensoren wie z. B. eine Motordrehzahl oder Umdrehungsanzahl, ein Einlaßluftdruck, eine Einlaßlufttemperatur, eine Wassertemperatur, ein Gaspedalbetätigungsgrad, eine Einlaßluftflußrate, Kraftstoffzusammensetzungen etc. werden in eine Betriebszustandserfassungseinrichtung 101 eingegeben. Zu den anderen Eingangssignalen gehören z. B. ein Signal von einem Kurbelwinkelsensor 26, 27, der an einer Kurbelwelle 23 angebracht ist, ein Signal von einem Luftflußverhältnissensor 16, der in einem Auslaßkanal angebracht ist, ein Signal von einem Temperatursensor 17, der die Temperatur eines Abgaskatalysators erfährt, etc. Eine Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung 102 stellt ein Kraftstoffverhältnis in Abhängigkeit von zumindest einem der Signale von der Betriebszustandserfassungseinrichtung 101 ein. Außerdem bestimmt die Betriebszustandserfassungseinrichtung 101 einen Kaltflammenereignisbereich, der im voraus in der Steuereinheit 5 gespeichert wird, in Abhängigkeit von der Information eines Kraftstoffzusammensetzungssensors. Eine Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung 103 schätzt den Druck und die Temperatur in der Nähe eines oberen Verdichtungstotpunktes des Motors in Abhängigkeit von zumindest einem der Signale der Betriebszustandserfassungseinrichtung 101 und einem Luft-/Kraftstoffverhältnis, das von der Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung eingestellt wird. Ein Steuersignal wird in die Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung 104 eingegeben, so daß die Schätzergebnisse den Kaltflammenbereich durchlaufen. Das Innere der Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung 104 besteht aus einer AGR-Steuereinrichtung 105, einer Variabelventilsteuereinrichtung 106 und einer Kraftstoffeinspritzsteuereinrichtung 107. Die AGR-Steuereinrichtung 105 gibt ein Steuersignal an das AGR-Ventil 20 aus, um eine AGR-Menge zu ändern. Die Variabelventilsteuereinrichtung 106 gibt ein Steuersignal an den Variabelventilmechanismus 13 aus, der das Einlaßventil 12 betreibt. Die Kraftstoffeinspritzsteuereinrichtung 107 gibt ein Steuersignal an das Kraftstoffeinspritzventil 11 aus, um eine Kraftstoffeinspritzmenge und einen Einspritzzeitpunkt anzupassen.

Fig. 3 ist ein Graph zur Erläuterung eines Verfahrens zum Einstellen eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses durch die Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung 102. Die Luft-/Kraftstoffeinstelleinrichtung 102 bestimmt eine Kraftstoffeinspritzmenge Q_f unter Verwendung der Information von der Betriebszustandserfassungseinrichtung 101 über die Einlaßluftflußrate, die Motordrehzahl, das benötigte Motordrehmoment. Das benötigte Motordrehmoment T kann in der Betriebszustandserfassungseinrichtung 101 aus einer Gaspedalbetriebsgröße erhalten werden. Luft-/Kraftstoffverhältnisse werden als Verhältnisse zwischen den Einlaßluftmengen Q_a und Kraftstoffeinspritzmengen Q_f berechnet.

Fig. 4A zeigt einen Zylinderinnendruck und eine Wärmefreisetzrate während einer Selbstzündungsverbrennung. Die Bezugsziffer 36 bezeichnet eine Wellenform, die durch Änderung des Druckes in der Brennkammer des Motors gebildet wird und von einem Zylinderinnendrucksensor gemessen wird. Das Bezugszeichen 37 zeigt die Wärmefreisetzraten, die von der Wellenform 36 erhalten werden. Im Selbstzündungsmotor ist der Zündzeitpunkt nicht definiert, da die Zündung nicht von einer Zündkerze erzwungen wird. In der Nähe eines Kreises, der auf der Wellenformkurve 36 gezogen ist, kommt eine Änderung der Druckwellenform vor. Aus Sicht der Wärmefreisetzratenkurve 37 erhöht sich die Wärmefreisetzrate zu dieser Zeit, wodurch erkannt wird,

daß Wärme freigesetzt wird. Die Wärmefreisetzung wird kalte Flamme genannt, und eine danach vorkommende große Wärmefreisetzung wird heiße Flamme genannt. Es ist für eine normale Selbstzündungsverbrennung notwendig, daß die kalte Flamme erzeugt wird, und wenn eine kalte Flamme erzeugt ist, wird die Verbrennung nach der Erzeugung der kalten Flamme zu einer Heißflammenreaktion hin verschoben, was so gesehen werden kann, daß die Kaltflammenreaktion als Feuerquelle dient. In einem Zündverbrennungssystem mittels Zündkerze wird nicht eine kalte Flamme, sondern nur eine heiße Flamme gemessen. Das heißt für diesen Fall, daß die Zündung durch die Zündkerze zur Wärmequelle wird und dadurch eine Heißflammenreaktion verursacht. Eine Kaltflamme wird jedoch bei einem Luft-/Kraftstoffverhältnis von etwa 80 bis 25 erzeugt, und wenn das Luft-/Kraftstoffverhältnis kleiner als dieser Wert wird, d. h. die Kraftstoffmenge anwächst, gibt es eine Heißflammenreaktion, bevor die kalte Flamme erzeugt wird. Die Heißflammenreaktion ist keine normale Selbstzündungsverbrennung, sondern ein Phänomen in der Nähe von Klopfen. Eine Grenze eines Selbstzündungsmotors zu einem hohen Drehmoment hin wird durch dieses Klopfphänomen beschränkt. Dieses kommt daher, daß der Zündzeitpunkt bei einer Erhöhung der Kraftstoffmenge nicht richtig gesteuert werden kann. Ein Punkt der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß ein Zündzeitpunkt sogar bei einem hohen Drehmoment richtig gesteuert werden kann.

Fig. 4B zeigt eine Zündgrenze einer Selbstzündungsverbrennung unter Verwendung von Beziehungen zwischen Temperaturen und Drücken. Eine Zündgrenze eines Gasgemisches ist durch eine Kurve 38 gezeigt. Die Kurve 38 bedeutet, daß eine Zündung nicht auf der linken Seite der Kurve 38, sondern auf der rechten Seite vorkommt. Kalte Flammen werden in und um einen Bereich 43 erzeugt. Die Kurve ändert sich gemäß der Art des Kraftstoffs und der Gemischkonzentration, jedoch wird hier für die Erläuterung angenommen, daß die Breite der Änderung gering ist. Es wird ein Fall betrachtet, bei dem ein Gemisch, das ausreichend gemischt ist und ein Luft-/Kraftstoffverhältnis von etwa 40 hat, in die Brennkammer eingelassen und verdichtet wird. Die Temperatur und der Druck vor der Verdichtung zu diesem Zeitpunkt sind durch 40a gezeigt. Der Druck und die Temperatur wachsen durch Verdichtung entlang einer Kurve 40 an, gelangen in einen Kaltflammenbereich 43 und erreichen einen Punkt 40b nach der Verdichtung. Eine kalte Flamme, wie in Fig. 8 gezeigt, wird erzeugt, wenn sie den Kaltflammenbereich 43 durchlaufen, und darauf folgend ereignet sich eine Heißflammenreaktion. Das heißt für den Fall eines Gemisches mit einem Luft-/Kraftstoffverhältnis von etwa 40, daß sie den Kaltflammenbereich durchlaufen, so daß eine normale Selbstzündungsverbrennung bewirkt wird. Als nächstes wird ein Fall betrachtet, bei dem ein Luft-/Kraftstoffverhältnis 15 beträgt. Für den Fall eines Gemisches mit einem kleinen Luft-/Kraftstoffverhältnis wird ein spezifisches Wärmeverhältnis klein, so daß ein Temperaturanstieg durch Verdichtung gering ausfällt. Als Ergebnis ist ein ansteigender Verlauf des Drucks und der Temperatur während der Verdichtung durch Kurve 39 gezeigt, der nicht den Kaltflammenbereich 43 durchläuft. Als Ergebnis erreichen sie einen Punkt 39b nach der Verdichtung, und es wird eine Heißflammenreaktion ohne Kaltflammenreaktion bewirkt. Eine Wärmeerzeugungsrate wird zu diesem Zeitpunkt steil, wie durch Kurve 46 gezeigt, und eine derartige steile Wärmefreisetzung verursacht Klopfen. Ein Unterschied eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses eines Gemisches verändert einen Punkt, den Druck und Temperatur nach einer Verdichtung erreichen, und die Verbrennungsbedingung ist in Abhängigkeit davon, ob der Punkt innerhalb oder außerhalb

des Kaltflammenbereichs liegt, unterschiedlich. Ein Punkt der vorliegenden Erfindung ist es so zu steuern, daß der Punkt den Kaltflammenbereich sogar zu einer Zeit hohen Drehmoments durchläuft, bei dem ein Luft-/Kraftstoffverhältnis klein ist. Da als Ursache für die Unfähigkeit, den Kaltflammenbereich zu durchlaufen, angesehen wird, daß das spezifische Wärmeverhältnis klein wird, wenn ein Luft-/Kraftstoffverhältnis klein und eine Temperatur nach der Verdichtung niedrig wird, wird mittels AGR eine Anfangstemperatur eines Gemisches auf einen Punkt 42a angehoben. Die Temperatur erreicht nach der Verdichtung einen Punkt 42b, tritt in den Kaltflammenbereich ein und durchläuft diesen. Es kann ein äußeres AGR-System eingesetzt werden, das einen Bypasskanal verwendet, der von einer Auslaßleitung zu einer Einlaßleitung führt, um eine AGR durchzuführen, jedoch reicht ein inneres AGR-System aus, das einen Variabelventilmechanismus zur Änderung der Überdeckung eines Auslaßventils verwendet. Außerdem wird berücksichtigt, daß in Abhängigkeit von der Konzentration eines Gemisches eine lange Zeit vergeht, bis es einen Verdichtungstotpunkt nach Eintritt in den Kaltflammenbereich erreicht, und daß ein Zündzeitpunkt vor dem oberen Totpunkt liegt. Daher wird es so gesteuert, daß der Zündzeitpunkt durch Verringern eines Verdichtungsverhältnisses durch Verzögerung eines Schließzeitpunkts des Einlaßventils und durch Verringerung des Drucks nach der Verdichtung wie durch den Pfeil 44 gezeigt dichter am oberen Totpunkt liegt.

Fig. 5 zeigt den Inhalt einer Steuerung der vorliegenden Erfindung. Die Steuereinheit 5 des Motors erfaßt einen Betriebszustand und stellt ein Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis ein. Da die Zündgrenzkurve wie in Fig. 4B gezeigt in Abhängigkeit vom verwendeten Kraftstoff bestimmt wird, ist es möglich, einen Soll-Zylinderinnenzustand (Temperatur und Druck) einzustellen. Ob der Zylinderinnenzustand durch eine Einlaßtemperatur T_1 , einen Einlaßdruck P_a und ein derzeitig eingestelltes Luft-/Kraftstoffverhältnis 47 den Soll-Zylinderinnenzustand erreicht, d. h., ob er in den Kaltflammenbereich eintritt, wird unter Verwendung eines Zylinderinnenzustandsschätzmodells 48 geschätzt. Berechnungsgleichungen des Zylinderinnenzustandsschätzmodells 48 werden im folgenden erläutert.

Die Gleichung (1) wird zur Schätzung eines Zylinderinnendrucks verwendet:

$$P(\theta) = P_a * \{V_1/V_2(\theta)\}^n \quad (1)$$

Die Gleichung (2) wird zur Schätzung einer Zylinderinnentemperatur verwendet:

$$T(\theta) = T_1 * \{V_1/V_2(\theta)\}^{n-1} \quad (2)$$

Hierbei ist $P(\theta)$ ein Zylinderinnendruck bei einem Kurbelwinkel θ , P_a ein Zylinderinnendruck oder Einlaßinnen-
druck unmittelbar vor dem Beginn einer Verdichtung, V_1 ein Volumen der Brennkammer unmittelbar vor dem Beginn einer Verdichtung, $V_2(\theta)$ ein Volumen der Brennkammer bei einem Kurbelwinkel θ , n ein polytropischer Index, $T(\theta)$ eine Zylinderinnentemperatur bei einem Kurbelwinkel θ und T_1 eine Zylinderinnentemperatur oder Einlaßtemperatur unmittelbar vor dem Beginn einer Verdichtung. Eine Berechnung gemäß der obigen Gleichungen (1) und (2) muß nicht notwendigerweise für jedes einzelne Kurbelwinkelgrad durchgeführt werden, sondern es ist ausreichend, wenn die Berechnung nur in einem Bereich von z. B. 40 Grad bis 0 Grad vor dem oberen Totpunkt innerhalb einer Änderungsbreite eines Soll-Zündzeitpunkts durchgeführt wird.

Wie in Fig. 4B gezeigt, werden für den Fall, bei dem ein

eingestelltes Luft-/Kraftstoffverhältnis klein ist und nicht in den Kaltflammenbereich eintritt, Mittel wie z. B. einer Einführung von AGR unter Verwendung des variablen Ventils und Änderung eines Verdichtungsverhältnisses berücksichtigt. Konkret wird eine Differenz zwischen einem Schätzergebnis des Zylinderinnenzustands nach einer Verdichtung und einem Kaltflammenbereich, der ein Soll-Zylinderinnenzustand ist, berechnet, und ein Steuermittel und ein Betriebsgrößenoptymum zur Korrektur der Differenz unter Verwendung eines Steuermittelmodells berechnet.

Fig. 6 zeigt ein Steuerverfahren eines Zylinderinnenzustands mittels AGR. Es ist möglich, ein Verhältnis einer neuen Luftmenge und einer AGR-Gasmenge in der Einlaßluft, d. h. eine AGR-Rate, durch Änderung einer AGR-Gasmenge, die das AGR-Ventil 20 durchläuft, zu ändern. Da sich die AGR-Rate erhöht, erhöht sich eine Abgasmenge mit relativ hoher Temperatur im Einlaßgas, so daß eine Einlaßgastemperatur steigt und die Zylinderinnentemperatur zu Beginn einer Verdichtung, wie durch Kurve 111 angezeigt, steigt. Als Ergebnis ändert sich, wie durch Kurve 110 angezeigt, die Zylinderinnentemperatur nach einer Verdichtung, und es ist möglich, die Temperatur auf einen höheren Wert anzuheben als der einer Temperatur, bei der eine kalte Flamme erzeugt wird.

Fig. 7 zeigt ein Steuerverfahren eines Zylinderinnenzustands mittels eines variablen Ventils.

Eine Einlaßluftmenge ändert sich wie durch die Kurve 116 angezeigt durch Änderung des Ventilschließzeitpunkts eines Einlaßventils. Als Ergebnis ändert sich, wie durch Kurve 115 angedeutet, der Zylinderinnendruck nach einer Verdichtung, und es ist möglich, den Druck über den Druck, bei dem eine kalte Flamme erzeugt wird, einzustellen. Ein Kaltflammenenerzeugungsbereich ist nahezu durch den verwendeten Kraftstoff bestimmt, so daß sich die minimale Temperatur und der minimale Druck zur Erzeugung einer kalten Flamme wie in Fig. 6 und 7 gezeigt nicht großartig ändern. Obwohl ein Punkt der vorliegenden Erfindung darin besteht, so, zu steuern, daß der Zylinderinnenzustand den Kaltflammenbereich durchläuft, ist es für eine Motorverbrennung wichtig, in der Nähe des oberen Verdichtungstotpunktes zu zünden, um zu brennen. In Fig. 7 wird der Druck nach einer Verdichtung für den Fall, daß ein Schließzeitpunkt des Einlaßventils auf 30° ABCD eingestellt wird, größer als der minimale Druck im Kaltflammenenerzeugungsbereich, wie durch Linie 118 gezeigt. Unter dieser Bedingung tritt er mitten in der Verdichtung in den Kaltflammenenerzeugungsbereich ein, und es wird zur Verbrennung eine Zündung bewirkt, die viel früher als der obere Totpunkt stattfindet. Für eine Zündung in der Nähe des oberen Totpunktes ist es notwendig, die Differenz zwischen dem Druck nach einer Verdichtung und dem minimalen Druck im Kaltflammenenerzeugungsbereich gering zu machen. Daher wird der Schließzeitpunkt des Einlaßventils geändert und eine Steuerung bewirkt, um ein wirkliches Verdichtungsverhältnis zu verringern.

Fig. 8 zeigt ein Verfahren zum Durchlaufen des Kaltflammenbereichs mittels Kraftstoffeinspritzung.

Ein Gegenstand ist eine zu frühe Zündung eines Selbstzündungsmotors bei hohem Drehmoment, d. h., wenn ein Luft-/Kraftstoffverhältnis klein ist wenn eine zu einem Luft-/Kraftstoffverhältnis von z. B. etwa 15 äquivalente Kraftstoffmenge während eines Einlaßtaktes zu einer Zeit eingespritzt wird, zu der die Geschichte der Temperatur und des Druckes eines Gemisches im Zylinder wie durch Kurve 120 gezeigt verläuft und den Kaltflammenbereich nicht durchläuft. Wenn im Gegensatz dazu eine Kraftstoffeinspritzmenge während eines Einlaßtaktes die Hälfte der oder weniger als die gesamte Kraftstoffeinspritzmenge ist und ein

Luft-/Kraftstoffverhältnis etwa 30 oder mehr beträgt, verläuft die Geschichte der Temperatur und des Drucks des Zylinderinnengemisches wie durch Kurve 121 gezeigt. Dieses kommt daher, daß der polytropische Index n der Gleichungen (1) und (2) durch ein großes Luft-/Kraftstoffverhältnis groß wird und die Temperatur ansteigt. Im Falle eines Gemisches mit einem Luft-/Kraftstoffverhältnis von etwa 30 bis 40 oder so tritt er durch Verdichten des Gemisches, wie es vorliegt, in den Kaltflammenbereich entsprechend der gepunkteten Linie 123 ein, und das Gemisch wird gezündet und verbrannt. Jedoch ist es in diesem Fall aufgrund einer geringeren eingespritzten Kraftstoffmenge schwierig, das benötigte Drehmoment auszugeben, so daß die verbleibende Kraftstoffmenge später im Verdichtungsstakt eingespritzt wird. Der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung liegt in der Nähe eines Sternes *, angezeigt durch 122, und vor dem Eintritt in den Kaltflammenbereich. Der Zustand innerhalb der Brennkammer zu diesem Zeitpunkt ist schematisch in Fig. 9 gezeigt. Bezugszeichen 52 bezeichnet ein Einspritzpuls-signal. Ein Gemisch 21a wird durch Kraftstoffeinspritzung mit der Pulsbreite T1 während des Einlaßtaktes gebildet. Ein Luft-/Kraftstoffverhältnis dieses Gemisches beträgt etwa 30 oder mehr. Kraftstoff 21b wird später im Verdichtungsstakt mit der Pulsbreite T2 eingespritzt. Da es wünschenswert ist, zu zünden, nachdem der Kraftstoff 21b gemäßigt in der Brennkammer verteilt wurde, wird der Zündzeitpunkt des Kraftstoffs 21b durch Berücksichtigung der Verteilungszeit des Kraftstoffsprays etc. bestimmt.

Fig. 10 zeigt ein Steuerflußdiagramm der vorliegenden Erfindung.

Wenn der Motor im Selbstzündungsmodus betrieben wird, wird immer eine Zündzeitpunktsteuerung durchgeführt. Zunächst berechnet die Betriebszustandserfassungseinrichtung das benötigte Motordrehmoment aus einem Gaspedalbetätigungsgrad, einer Fahrzeuggeschwindigkeit, einer Änderung einer Getriebestellung etc. Außerdem wird eine Motordrehzahl (Umdrehungsanzahl) ausgelesen und ein Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis eingestellt. Ein Soll-Zylinderinnenzustand wird in Abhängigkeit von dem verwendeten Kraftstoff bestimmt. Der Soll-Zylinderinnenzustand bedeutet einen eine Kaltflamme erzeugenden Temperatur- und Druckbereich. Eine für die aktuelle Betriebsbedingung geeignetes Steuermittel und seine Betriebsgrößen (eine AGR-Menge und ein Öffnungszeitpunkt des Einlaßventils) werden vorsorglich bestimmt, ein Einlaßdruck P_a und eine Einlaßtemperatur T_1 ausgelesen und ein Zylinderinnenzustand nach einer Verdichtung bei dem Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis geschätzt. Im Schritt 53 werden das Schätzergebnis und der Soll-Zylinderinnenzustand verglichen, und wenn das Schätzergebnis innerhalb des Soll-Zylinderinnenzustands liegt, d. h. dem Kaltflammenbereich, wird ein Steuersignal an die Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung ausgegeben. Wenn sich das Schätzergebnis von dem Soll-Zylinderinnenzustand unterscheidet, wird die Differenzgröße im Schritt 55 berechnet und eine Variabelventilbetriebsgröße und eine AGR-Menge zur Korrektur der Differenz unter Verwendung von im voraus im ROM der Steuereinheit im Schritt 54 gespeicherten Daten durch ein Steuereinrichtungsmodell geschätzt.

Fig. 11 zeigt eine Beziehung zwischen der Zündbarkeit des Kraftstoffs und Kaltflammenbereichen.

In Fig. 11 bezeichnen 50 eine Zündgrenzkurve des verwendeten Kraftstoffs und 43 Kaltflammenbereiche. Die Kaltflammenbereiche unterscheiden sich entsprechend den Kraftstoffzusammensetzungen voneinander, sie bewegen sich in Richtung niedriger Temperatur als Kaltflammenbereich 43b im Falle guter Zündbarkeit und bewegen sich in Richtung hoher Temperatur als Kaltflammenbereich 43a im

Falle schlechter Zündbarkeit. Die Zündbarkeit kann z. B. durch Mischen von Benzin und Leichtöl angepaßt werden.

Fig. 12 zeigt eine Beziehung zwischen einem Gemischverhältnis von Benzin/Leichtöl und der Zündbarkeit. Als Kraftstoff für Dieselmotoren verwendetes Leichtöl besitzt ein gutes Zündvermögen und zündet in einer Atmosphäre hoher Temperatur selbst. Andererseits ist Benzin schlecht zu zünden und wird mit der von einer Zündkerze in Benzinmotoren zugeführten Zündenergie gezündet. Daher kann die Zündbarkeit entsprechend der Linie 125 durch Änderung ihres Gemischverhältnisses gesteuert werden.

Als Verfahren zur Steuerung eines Gemischverhältnisses werden zwei Verfahren betrachtet, wovon das eine ein Verfahren ist, bei dem Benzin und Leichtöl einem Kraftstofftank 130 mit einem vorgeschriebenen Verhältnis zugeführt werden, um ein Kraftstoffgemisch 131 herzustellen, und bei dem das Kraftstoffgemisch durch eine Kraftstoffpumpe 132 im Kraftstofftank wie in Fig. 13 gezeigt an einen Motor übertragen wird, und andererseits ein Verfahren, bei dem ein Benzin-Kraftstofftank 130a und ein Leichtöl-Kraftstofftank 130b getrennt vorgesehen sind, wobei Benzin und Leichtöl aus den Tanks in einer Mischvorrichtung 133 mit einem vorgeschriebenen Verhältnis gemischt werden und das Kraftstoffgemisch durch die Kraftstoffpumpe 132 wie in Fig. 14 gezeigt an den Motor übertragen wird.

Eine andere erfindungsgemäße Ausführungsform wird im folgenden mit Bezug auf Fig. 15 beschrieben.

Der grundlegende Aufbau der Erfindung ist derselbe wie der der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform, so daß eine Erläuterung desselben ausgelassen wird. Der Unterschied zur Ausführungsform der Fig. 1 besteht darin, daß die vorliegende Ausführungsform eine eingebaute Zündkerze 57 hat.

Fig. 16 zeigt einen Betriebsbereich der vorliegenden Ausführungsform. In Fig. 16 ist auf der Abszisse die Motordrehzahl und auf der Ordinate das Motordrehmoment dargestellt. Die Zündkerze wird in den Bereichen 58, 60 verwendet, die jeweils durch schräge Linien dargestellt sind. Der Bereich 60 stellt eine Startzeit dar.

Fig. 17 zeigt ein Steuerflußdiagramm.

Bei der Betätigung eines Schlüsselschalters beginnt zuerst das Auslesen der Motordrehzahl, der Einlaßtemperatur und der Wassertemperatur. Die Motordrehzahl beträgt zu dieser Zeit noch 0 U/min. Danach wird ein Startermotor betätigt, um mit dem Kurbeln zu beginnen. Die Kurbelmotordrehzahl beträgt 200 bis 300 U/min. Außerdem wird mit dem Einspritzen von Kraftstoff und der Zündung begonnen, und es wird im Schritt 61 gewissermaßen, daß die Motordrehzahl ansteigt. Eine Kraftstoffzufuhrmenge zur Zeit des Kurbelns wird entsprechend einem geringfügig kleineren Luft-/Kraftstoffverhältnis als ein theoretisches Luft-/Kraftstoffverhältnis eingestellt, so daß der Start glatt ausgeführt werden kann. Nachdem die Motordrehzahl angestiegen ist, wird ein Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis in der Nähe des theoretischen Luft-/Kraftstoffverhältnisses eingestellt, so daß eine normale Verbrennung durchgeführt werden kann. Im Schritt 62 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl eine Leerlaufdrehzahl überschreitet. Im Schritt 63 wird abgefragt, ob die Wassertemperatur ausreichend angestiegen ist. Wenn die Wassertemperatur niedrig ist, wird das Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis auf einen kleinen Wert eingestellt und eine Wärmeenergieerzeugungsmenge erhöht. Schließlich wird im Schritt 64 abgefragt, ob eine Einlaßtemperatur für eine Selbstzündung geeignet ist, wonach das Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis in einen Bereich eingestellt wird, in dem eine Selbstzündung möglich ist, und eine Luftflußrate durch Änderung einer Öffnung des variablen Ventils erhöht wird. Zur selben Zeit wird die Zündung angehalten.

Fig. 18 zeigt Zeitdiagramme der Motordrehzahl, der Kraftstoffeinspritzpulsbreite, des Zündsignals und des Luft-/Kraftstoffverhältnisses zur Zeit des Startens.

Zum Zeitpunkt 0 wird der Schlüsselschalter betätigt und zum Zeitpunkt T1 wird der Startermotor gestartet. Der Motor wird durch den Starter gedreht, so daß er mit 200–300 U/min läuft. Zu dieser Zeit werden die Kraftstoffeinspritzung und Zündung begonnen. Während des Kurbelns wird eine relativ große Kraftstoffmenge eingespritzt. Daher wird das Luft-/Kraftstoffverhältnis kleiner als das theoretische Luft-/Kraftstoffverhältnis. Wenn die Motordrehzahl zum Zeitpunkt T2 ansteigt, wird die Kraftstoffeinspritzpulsbreite verkürzt, um ein geringfügig größeres Luft-/Kraftstoffverhältnis zu erzielen, wodurch eine normale Verbrennung bewirkt wird. Die Wassertemperatur steigt durch die Wärme des Motors bis zum Zeitpunkt T3 an. Nachdem die Wassertemperatur angestiegen ist, wird die Kraftstoffeinspritzpulsbreite weiter verkürzt, um das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf das theoretische Verhältnis einzustellen. Dann wird abgefragt, ob die Einlaßtemperatur eine zur Selbstzündung geeignete Temperatur ist, und wenn eine Selbstzündung möglich ist, wird die Zündung zum Zeitpunkt T4 angehalten. Zur selben Zeit hat sich ein Öffnungsgrad des variablen Ventils geändert, so daß eine Luftflußrate ansteigt und ein Luft-/Kraftstoffverhältnis groß wird. Wenn es wie in Fig. 16 gezeigt in den Selbstzündungsbereich 59 eintritt, wird danach die in Fig. 10 gezeigte Zündzeitpunktsteuerung durchgeführt. Das Luft-/Kraftstoffverhältnis ändert sich im Selbstzündungsbereich 59 gemäß dem notwendigen Drehmoment auf 80–25, jedoch beträgt die von dem Motor ausgegebene NOx-Menge einige 10 ppm, was ein kleiner Wert ist.

Wenn das benötigte Motordrehmoment außerdem groß ist, wird es in den Bereich 58 verschoben. Im Bereich 58 wird eine Fremdzündung, bei der eine Zündung durch eine Zündkerze bewirkt wird, verwendet, und ein eingestelltes Luft-/Kraftstoffverhältnis ist gleich dem theoretischen Luft-/Kraftstoffverhältnis, so daß ein Dreiwegekatalysator verwendet werden kann. Daher ist auch in diesem Bereich eine NOx-Ausstoßmenge von einem Auslaßkanal eines Fahrzeugs gering.

Fig. 19 zeigt ein Steuerflußdiagramm bei dem der Selbstzündungsbereich 59 und der Zündhilfebereich 58 voneinander geändert werden. Innerhalb des Selbstzündbereichs 59 wird das benötigte Motordrehmoment aus einem Gaspedalbetätigungsgrad, einer Fahrzeuggeschwindigkeit und einer Geschwindigkeitänderungsgetriebeposition berechnet. Außerdem wird über eine Abbildung bzw. eine Tabelle der Motordrehzahl ein Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis eingestellt. Wenn das Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis 25 oder weniger beträgt, wird es in den Zündhilfebereich 59 verschoben. Das Luft-/Kraftstoffverhältnis 25 ist ein Grenz-Luft-/Kraftstoffverhältnis, bei dem eine geringe NOx-Verbrennung durch Selbstzündung bewirkt werden kann. Wenn es in den Zündhilfebereich verschoben wird, wird zuerst ein Soll-Zündzeitpunkt in Abhängigkeit von einer Betriebsbedingung eingestellt und die Zündung begonnen. Zu dieser Zeit beträgt das Luft-/Kraftstoffverhältnis noch 25 oder so, das größer ist als ein Zündgrenz-Luft-/Kraftstoffverhältnis eines homogenen Gemisches, so daß eine Verbrennung durch Selbstzündung ohne Zündung durch die Zündkerze bewirkt wird. Danach wird eine Luftflußrate durch Drosseln des variablen Ventils verringert, so daß das Luft-/Kraftstoffverhältnis gleich dem theoretischen Luft-/Kraftstoffverhältnis wird, und es beginnt eine Selbstzündung. Zur selben Zeit wird im Schritt 71 auch der Zündzeitpunkt angepaßt. Nach einer Verschiebung in den Zündhilfebereich wird im Schritt 70 abgefragt, ob das Motordrehmoment das benötigte Motordrehmoment ist, und

wenn sich das wirkliche Motordrehmoment von dem benötigten Motordrehmoment unterscheidet, wird zur Änderung des Drehmoments eine Luftflußrate angepaßt, so daß sich das Luft-/Kraftstoffverhältnis nicht ändert.

Fig. 20 zeigt ein Zeitdiagramm, bei dem zwischen Betriebsbereichen gewechselt wird.

Im Selbstzündungsbereich ändert sich ein Luft-/Kraftstoffverhältnis in Abhängigkeit von dem Motordrehmoment, bis es etwa 80-25 erreicht. Ein Zündsignal wurde natürlich ausgeschaltet. 72 bezeichnet ein Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis und 73 ein wirkliches Luft-/Kraftstoffverhältnis. Außerdem bezeichnet 75 ein Soll-Motordrehmoment und 76 ein wirkliches Motordrehmoment. Wenn das Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis zum Zeitpunkt T1 25 oder weniger beträgt, wird eine Kraftstoffeinspritzmenge so gesteuert, daß ein Luft-/Kraftstoffverhältnis etwa 25 beträgt, wobei zur selben Zeit die Zündung begonnen wird. Eine Betriebsgröße des variablen Ventils wird zum Zeitpunkt T2 geändert, um das Luft-/Kraftstoffverhältnis so zu ändern, daß es gleich dem theoretischen Luft-/Kraftstoffverhältnis ist. Eine Kraftstoffeinspritzmenge wird zu dieser Zeit nicht geändert, so daß das Motordrehmoment glatt gewechselt wird. Danach wird eine Betriebsgröße des variablen Ventils geändert, so daß das theoretische Luft-/Kraftstoffverhältnis sich nicht ändert, um zu bewirken, daß sich das Motordrehmoment einem Sollwert annähert. Die Wechselsteuerung ist innerhalb 100 ms beendet, so daß die Komfortabilität eines fahrenden Fahrzeugs dadurch nicht verschlechtert wird.

Eine andere Ausführungsform wird im folgenden mit Bezug auf Fig. 21 beschrieben.

Ein Motoraufbau der vorliegenden Ausführungsform ist derselbe wie der in Fig. 15 gezeigte, und es wird ein Fall betrachtet, bei dem ein Sensor eingebaut ist, mit dem z. B. eine Verbrennungsreaktion innerhalb der Brennkammer des Motors erfaßt werden kann. Fig. 21 zeigt einen schematischen Aufbau einer Steuereinheit 5 für diesen Fall. Bei diesem Aufbau ist zusätzlich zum in Fig. 2 gezeigten Aufbau ein Rückführsignal 108 hinzugefügt. In diesem Rückführsignal kann ein Ergebnis der Erfassung der Verbrennungsreaktion etc. verwendet werden.

Fig. 22 zeigt einen Aufbau, bei dem die Zündkerze 57 als Verbrennungsreaktionssensor verwendet wird, für den ein Ionenstromsensor, der den in der Brennkammer erzeugten Ionenstrom erfaßt, verwendet wird. In den in Fig. 16 gezeigten Betriebsbereichen wird die Zündkerze als eine Vorrichtung zur Zufuhr von Zündenergie in den Bereichen 58 und 60 verwendet, jedoch nicht in dem Selbstzündbereich 59. Hier wird die Zündkerze in diesem Bereich für eine Vorrichtung zur Erfassung des Zündzeitpunkts während der Selbstzündung verwendet. Im Zündhilfebereich versorgt eine Zündspule 77 durch Verstärkung eines Zündsignals von der Steuereinheit 5 die Zündkerze 57 mit Zündenergie, um die Spannung anzuheben. Im Selbstzündbereich wird von der Zündspule eine hohe Spannung an die Zündkerze 57 angelegt, die als Ionenstromerfassungsvorrichtung verwendet wird. Wenn eine Verbrennung in der Brennkammer bewirkt wird, werden Radikale aufgrund von Zwischenprodukten erzeugt, und es fließt Strom zwischen den Zündkerzen, an die eine hohe Spannung angelegt wurde. Dieses ist ein Ionenstrom. Der Ionenstrom wird zur Verarbeitung an einen Detektor 78 übertragen.

Fig. 23 zeigt ein Ergebnis der Erfassung des Ionenstroms. 36 bezeichnet eine Zylinderinnendruckwellenform und 37 Wärmefreisetzraten. 81 bezeichnet eine Ionenstromwellenform, deren Form im allgemeinen entsprechend umgekehrt zu den Wärmefreisetzraten 37 ist. Dadurch ist es möglich, die Erzeugungszeit einer heißen Flamme zu erfassen, d. h. die Zündzeit. Außerdem fließt der Ionenstrom nicht beim

Vorhandensein von Fehlzündungen, so daß er zur Erfassung von Fehlzündungen verwendet werden kann.

Fig. 24 zeigt ein Flußdiagramm der Zündzeitrückführsteuerung.

Im Schritt 82 werden der Zündzeitpunkt durch Ionenstromerfassung und der Soll-Zündzeitpunkt gemäß der Betriebsbedingung verglichen, und wenn sie sich voneinander unterscheiden, wird im Schritt 83 eine Differenz berechnet, eine Betriebsgröße des variablen Ventils und eine AGR-Menge so bestimmt, daß sie einen geeigneten Wert annehmen, und sein Signal wird zur Ausübung ausgegeben. Die Rückführsteuerung wird wiederholt.

Reaktionsverläufe der Zündverbrennung werden mit Bezug auf Fig. 25 erläutert.

In der vorliegenden Ausführungsform werden (A) eine Zündverbrennung durch Zündkerze und (B) eine Zündverbrennung durch Verdichtung erläutert. In (A) wird einem Gemisch (gasförmiger Kraftstoff und Luft) um die Zündkerze herum von der Zündkerze Zündenergie zugeführt, und das Gemisch wird thermisch zerlegt, um Olefin-, Alkylradikale zu erzeugen. Olefin-, Alkylradikale werden oxidiert, während sie in Umgebungen mit O_2 reagieren, um CO , H_2 zu erzeugen, wonach eine Verbrennung in einem Heißflammenzustand als eine schnelle Oxidationsreaktion stattfindet. Andererseits wird in (B) Kraftstoff durch Temperaturanhebung mittels Verdichtung oxidiert, wobei eine Wärmeübertragung vom Motor und eine weitere Temperaturanhebung eines Gemisches (Kraftstoff und Luft) durch Wärmeaustausch mittels Mischen mit AGR-Gas und dessen Oxidationsreaktion bei einer relativ geringen Temperatur fortschreiten als die Herstellungsreaktion von Olefin-, Alkylradikalen. Zu dieser Zeit wird Aldehyd hergestellt, um als kalte Flamme zu erscheinen. Eine Kaltflammenreaktion ist eine Wärmefreisetzreaktion wie z. B. eine in Fig. 4A gezeigte Wärmefreisetzrate 37, und eine Temperatur eines Reaktionsfeldes steigt lokal an. CO und H_2 werden durch diesen Temperaturanstieg erzeugt, wonach die Reaktion zu einer Heißflammenreaktion hin verschoben wird, um CO_2 und H_2O zu erzeugen, und die Verbrennung endet. Im Falle einer Kaltflammenreaktion ist diese nicht auf einen besonderen Ort der Brennkammer und auf einen einzigen Ort beschränkt, so daß die Kaltflammenreaktion an mehreren Orten fortschreitet. Daher gibt es viele Reaktionsorte, deren Temperatur durch die Kaltflammenreaktion angehoben wird, und es findet eine Zündverbrennung an vielen Punkten statt. Aus Sicht der gesamten Brennkammer ist der Fortpflanzungsabstand der Verbrennungsflamme, die sich an einem Reaktionsort ereignet, zu einem benachbarten Reaktionsort sehr kurz, so daß die Verbrennung innerhalb kurzer Zeit vollendet ist.

Fig. 26 zeigt als weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Steuerung eines Motors unter Verwendung von Straßenverkehrsinformationen aus einem Fahrzeug. Straßenverkehrsinformationssysteme, die Stauinformationen aufgrund des Aufbaus oder der Verkehrsbeschränkung von Straßen liefern und Besetztinformationen von Parkzonen sind eingerichtet, und eines von ihnen kann man sich als automatische Geschwindigkeitsregelung und Fahren nach einem vorausfahrenden Fahrzeug auf einer Autobahn vorstellen. Auf einer in Fig. 26 gezeigten Autobahn 201 ist es aus Sicherheitsgründen notwendig, einen ausreichenden Abstand zwischen den Fahrzeugen einzuhalten, jedoch ist es wünschenswert, einen Abstand zwischen den Fahrzeugen zu verkürzen, damit viele Fahrzeuge zur Nutzung auf den Straßen fahren können. Daher empfängt die Steuerung 5 Informationen über einen vorderen Bereich der Autobahn 201, die zum Fahren entsprechend einer Straßenverkehrsinformationsversorgungs-ausrüstung 200 verwendet

wird, die um die Autobahn 201 herum angebracht ist, insbesondere Stauinformationen und Fahrzeugabstandsinformationen von vorherigen Fahrzeugen über einen Empfänger 98 und steuert den Motor 99 unter Verwendung der Information.

Fig. 27 zeigt einen Aufbau einer Steuereinheit 5 für diesen Fall.

Der Aufbau hat den in Fig. 21 gezeigten Aufbau, wobei das Rückführsignal 108 durch ein von der Außenseite eines Fahrzeugs kommendes Signal 109 ersetzt ist. Als Signal 109 der Außenseite des Fahrzeugs werden hauptsächlich Stauinformationen und Informationen über den Abstand zwischen dem Fahrzeug und einem vorherigen Fahrzeug genommen und während der automatischen Geschwindigkeitsregelung in der Betriebszustandserfassungseinrichtung 101 zur Berechnung eines benötigten Motordrehmoments verwendet. Während der automatischen Geschwindigkeitsregelung betätigt ein Fahrer ein Gaspedal nicht, so daß es unmöglich ist, das benötigte Motordrehmoment aus einer Betriebsgröße des Gaspedals zu berechnen. In dem Fall, in dem die vordere Straße Raum zum Einordnen von Fahrzeugen hat, keine Gefahr besteht, daß sich ein Stau von Fahrzeugen auf der Straße ausbildet, wird das benötigte Motordrehmoment gesteuert, um eine aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit oder -beschleunigung beizubehalten. Wenn andererseits in dem Fall, in dem von der Straßenverkehrs informationsversorgungsausrüstung 200 eine Information empfangen wird, daß der Fahrzeugabstand von vorherigen Fahrzeugen aufgrund eines Fahrzeugstaus auf der vorderen Straße gering geworden ist, wird das benötigte Motordrehmoment klein eingestellt, um eine Fahrzeuggeschwindigkeit zu verringern. Die Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung 102 stellt ein Luft-/Kraftstoffverhältnis unter Verwendung des auf diese Weise berechneten benötigten Motordrehmoments ein. Daher werden während einer automatischen Geschwindigkeitsregelung ein Luft-/Kraftstoffverhältnis gemäß der in die Betriebszustandserfassungseinrichtung 101 eingegebenen Straßenverkehrs informationsinformationen eingestellt, eine AGR-Menge, eine Betriebsgröße des variablen Ventils und ein Kraftstoffeinspritzverfahren angepaßt und der Motorzylinderinnenzustand gesteuert.

Fig. 28 zeigt jeweilige Aufbauten von erfindungsgemäßen Motoren. Fig. 28 zeigt Schnittansichten von Direkteinspritzmotoren. (A) ist ein Seiteneinspritzmotor, bei dem ein Kraftstoffeinspritzventil 11 an einer Seite der Brennkammer 24 angebracht ist. (B) ist ein Sensoreinspritzmotor, bei dem ein Kraftstoffeinspritzventil 11 in der Mitte der Brennkammer 24 angebracht ist. Die vorliegende Erfindung kann auf beliebige Motoren angewendet werden. Obwohl es wünschenswert ist, daß die Gestalt des oberen Endes des Kolbens flach ist, kann die Kolbenspitze auch die Gestalt eines Hohlraums oder eines Ventileinschnitts annehmen.

Die Fig. 29A und 30A zeigen jeweils einen Variabelventilmechanismus, der in der vorliegenden Erfindung verwendet wird. Das Einlaßventil und das Auslaßventil haben dieselbe Wirkung, so daß das Einlaßventil als Beispiel genommen und erläutert wird.

Fig. 29A zeigt einen Variabelventilphasenmechanismus, der die Zeitpunkte des Öffnens und Schließens des Ventils durch Änderung eines Phasenwinkels θ eines an einer das Einlaßventil auf und ab bewegendes Nockenwelle befestigten Nockenwellenrades steuert. In Fig. 29B bezeichnet 13a eine Ventilhubkurve bei einem Betrieb mit gewöhnlichen Zeitpunkten, 13b und 13c jeweils eine Ventilhubkurve bei verzögerter Öffnung und Schließung. Der Einfluß einer Verzögerung des Ventilöffnungszeitpunkts auf eine Einlaßluftmenge ist gering, jedoch fließt, wenn der Ventilöffnungszeitpunkt verzögert ist, einmal eingelassene Luft zurück, so

daß eine Einlaßluftmenge gering wird. Ein Verdichtungsverhältnis kann unter Ausnutzung dieses Phänomens gesteuert werden.

Fig. 30A zeigt einen elektromagnetischen Variabelventilmechanismus, der ein an dem Einlaßventil 12 befestigtes bewegliches Element 133 und elektromagnetische Spulen 131, 132 aufweist. Wenn Strom in die elektromagnetische Spule 131 fließt, wird eine elektromagnetische Kraft erzeugt, die zum Öffnen des Einlaßventils an das bewegbare Element 133 angreift. Wenn im Gegensatz dazu Strom in die elektromagnetische Spule 132 fließt, wird das Einlaßventil geschlossen. Ein Merkmal des elektromagnetischen variablen Ventils ist es, innerhalb kurzer Zeit das Ventil zu öffnen und zu schließen. Der Ventilhub ist durch eine Kurve in Fig. 30B gezeigt. Es weist außerdem das Merkmal auf, daß der Ventilöffnungszeitpunkt und der Ventilschließzeitpunkt unabhängig voneinander gesteuert werden können. In diesem Fall kann auch das Verdichtungsverhältnis durch Ändern des Ventilschließzeitpunkts gesteuert werden.

Die Fig. 31A und 31B zeigen jeweils Luftflußbewegungen, die in der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Fig. 31A ist eine perspektivische Ansicht von einem Einlaßkanal 30 des Motors zur Brennkammer 24, einen Zustand zeigt, bei dem während des Geschlossenhaltens eines der Einlaßventile 12 Luft nur vom anderen Einlaßkanal eingelassen wird, und es wird eine horizontale Verwirbelungsluftflußbewegung 31 in der Brennkammer 24 erzeugt. Fig. 31B zeigt einen Zustand, bei dem zwei Einlaßventile 12 geöffnet sind und vertikale Taumelluftflußbewegungen 32 in der Brennkammer 24 erzeugt werden. Für den erfindungsgemäßen Selbstzündungsmotor ist es wichtig, homogen zu mischen und Luft und Kraftstoff unter Verwendung dieser Luftflußbewegungen ausreichend zu rütteln und vermischen. Im allgemeinen verbleibt die Verwirbelungsbewegung in der Verwirbelungsluftflußbewegung sogar noch spät im Verdichtungsstakt, in dem der Kolben angehoben wurde, und die Verwirbelungsluftflußbewegung ist für den Selbstzündungsmotor nicht vorzuziehen. In der Taumelluftflußbewegung wird der Raum für vertikale Verwirbelung spät im Verdichtungsstakt zu Null und wirbelnde Wirbel werden gebrochen, so daß die Luftflußbewegung schwach wird. Daher ist es für den Selbstzündungsmotor wünschenswert, die Taumelluftflußbewegung zu verwenden.

Die Fig. 32A, 32B, 33A und 33B zeigen ein Verfahren zur Erstellung einer Taumelluftflußbewegung.

Die Fig. 32A und 32B zeigen ein Beispiel bei dem eine Hilfseinlaßleitung 33 im Einlaßkanal 30 vorgesehen ist. Luft durchfließt durch Schließen eines Flußunterteilungsventils 34, das im Einlaßkanal 30 angeordnet ist, die Hilfsleitung 33 und wird in die Brennkammer 24 eingelassen. Eine Einlaßfließgeschwindigkeit ist zu dieser Zeit schneller als wenn die Luft durch den Einlaßkanal 30 gelangt ist, so daß ein gerichteter Luftfluß 32 erzeugt wird, der in der Brennkammer 24 zu wirbeln beginnt. Die Stärke der Taumelluftflußbewegung kann durch Ändern eines Öffnungsgrades des Flußunterteilungsventils 34 gesteuert werden. Das heißt, daß die Durchflußrate durch Anpassen von Luftflußraten, die in der Hilfsleitung 33 und dem Einlaßkanal 30 fließen, geändert wird.

Die Fig. 33A und 33B zeigen ein Beispiel, bei dem ein Ventil 34 (nachfolgend als Taumelsteuerventil (TCV) bezeichnet) mit einer Kerbe im Einlaßkanal 30 angeordnet ist. Luft durchläuft durch Schließen des TCV 34 das Kerbenelement des TCV 34 und wird in die Brennkammer 24 eingelassen. Währenddessen fließt die Luft hauptsächlich durch das Obere des Einlaßventils 12, so daß eine Taumelluftflußbewegung 32 erzeugt wird. Außerdem ist es möglich, die Stärke der Taumelluftflußbewegung durch Ändern ei-

nes Öffnungsgrades des TCV 34 zu steuern. Außerdem ist bei einer freien Gestalt des Einlaßkanals 30 das TCV 34 für jeden der freien Einlaßkanäle eingebaut.

Im erfindungsgemäßen Selbstzündungsmotor wird ein Zylinderinnenzustand nach einer Verdichtung unter Verwendung einer Zylinderinnenzustandsgröße vor der Verbrennung geschätzt, wodurch ein Zündzeitpunkt gesteuert wird, so daß eine Zündung sogar während eines hohen Drehmoments geeignet bewirkt werden kann. Konkret werden die Öffnungs- und Schließzeitpunkte des variablen Ventils und eine AGR-Menge gesteuert, so daß der Zylinderinnenzustand (Temperatur oder Druck) nach der Verbrennung derart beschaffen ist, daß eine kalte Flamme, die ein Auslöser des Selbstzündungsphänomens wird, vorkommt. Dadurch ist es möglich, eine Verbrennungsgrenze weit zu einem hohem Drehmoment des Selbstzündungsmotors hin weit zu erstrecken.

Patentansprüche

1. Selbstzündungsmotor (99), bei dem ein Gemisch (21a) in einem Zylinder durch Verdichtungsbewegung des Kolbens (22), der sich im Zylinder auf und ab bewegt, gezündet wird, mit einem Steuermechanismus (5) zum Steuern des Öffnungszeitpunkts eines Einlaßventils (12), das Luft in den Zylinder einläßt.
2. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99), bei dem ein Gemisch (21a) in einem Zylinder durch Verdichtungsbewegung des Kolbens (22), der sich im Zylinder auf und ab bewegt, gezündet wird, wobei ein Zündzeitpunkt durch Steuern eines Verdichtungsverhältnisses gesteuert wird.
3. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99), der aufweist: einen Ventilmechanismus (13, 14) einschließlich einem Einlaßventil (12) und einem Auslaßventil (15), die jeweils mit einem Motorzylinder eingebaut sind, und ein Kraftstoffeinspritzventil (11) mit einem Einlaßkanal, der in eine Brennkammer (24) geöffnet ist, die von einem Kolben (22) und einer Zylinderwand des Motors (99) umgeben ist, und bei dem ein Gemisch (21a) aus von dem Kraftstoffeinspritzventil (11) eingespritztem Kraftstoff (21b) und in die Brennkammer (24) eingelassener Luft durch Verdichtung aufgrund der Hin- und Herbewegung des Kolbens (22) gezündet wird, wobei der Selbstzündungsmotor (99) aufweist: eine Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) zum Erfassen eines Betriebszustands des Motors (99), eine Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) zum Einstellen eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses, eine Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) zum Schätzen einer Temperatur (T) oder eines Druckes (P) im Zylinder, und eine Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) zum Steuern der Temperatur (T) oder des Druckes (P) im Zylinder, wobei die Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) ein Luft-/Kraftstoffverhältnis unter Verwendung zumindest eines der Erfassungsergebnisse einstellt, die von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßt werden, die Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) eine Zylinderinnentemperatur oder einen -druck (P) um einen Verdichtungstotpunkt des Motors (99) unter Verwendung zumindest eines der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Erfassungsergebnisse oder einem durch die Luft-/Kraftstoffeinstelleinrichtung eingestelltem Luft-/Kraftstoff-

verhältnis, und

die Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) in Abhängigkeit von den Schätzergebnissen, die von der Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) geschätzt werden bewirkt, daß die Zylinderinnentemperatur (T) oder der -druck (P) in der Nähe des oberen Verdichtungstotpunktes einen Kaltflammenbereich (43) durchläuft, der einen Kraftstoffzündbereich darstellt, der durch Beziehungen der Temperatur (T) und des Drucks (P) ausgedrückt wird.

4. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99), der aufweist: einen Ventilmechanismus (13, 14) einschließlich einem Einlaßventil (12) und einem Auslaßventil (15), die jeweils mit einem Motorzylinder eingebaut sind, und ein Kraftstoffeinspritzventil (11) mit einem Einlaßkanal, der in eine Brennkammer (24) geöffnet ist, die von einem Kolben (22) und einer Zylinderwand des Motors (99) umgeben ist, und bei dem ein Gemisch (21a) aus von dem Kraftstoffeinspritzventil (11) eingespritztem Kraftstoff (21b) und in die Brennkammer (24) eingelassener Luft durch Verdichtung aufgrund der Hin- und Herbewegung des Kolbens (22) gezündet wird,

wobei der Selbstzündungsmotor (99) aufweist: eine Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) zum Erfassen eines Betriebszustands des Motors (99), eine Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) zum Einstellen eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses, eine Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) zum Schätzen einer Temperatur (T) oder eines Druckes (P) im Zylinder, und

eine Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) zum Steuern der Temperatur (T) oder des Druckes (P) im Zylinder,

wobei die Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) ein Luft-/Kraftstoffverhältnis unter Verwendung zumindest eines der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Erfassungsergebnisse einstellt, die Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) eine Zylinderinnentemperatur (T) oder einen -druck (P) um einen oberen Verdichtungstotpunkt des Motors (99) unter Verwendung von zumindest der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Ergebnissen und/oder einem von der Luft-/Kraftstoffeinstelleinrichtung eingestelltem Luft-/Kraftstoffverhältnis schätzt, und

die Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) eine AGR-Menge zum Erwärmen von Luft in Abhängigkeit von den von der Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) geschätzten Schätzergebnissen steuert, so daß die Zylinderinnentemperatur (T) oder der -druck (P) in der Nähe des oberen Verdichtungstotpunktes einen Kaltflammenbereich (43) durchläuft, der einen Kraftstoffzündbereich darstellt, der durch Beziehungen der Temperatur (T) und des Drucks (P) ausgedrückt wird.

5. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99) nach Anspruch 4, bei dem eine äußere AGR als Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) verwendet wird.

6. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99) nach Anspruch 4, bei dem eine innere AGR als Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) verwendet wird.

7. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99), der aufweist: einen Ventilmechanismus (13, 14) einschließlich einem Einlaßventil (12) und einem Auslaßventil (15), die jeweils mit einem Motorzylinder einge-

baut sind, und ein Kraftstoffeinspritzventil (11) mit einem Einlaßkanal, der in eine Brennkammer (24) geöffnet ist, die von einem Kolben (22) und einer Zylinderwand des Motors (99) umgeben ist, und bei dem ein Gemisch (21a) aus von dem Kraftstoffeinspritzventil (11) eingespritztem Kraftstoff (21b) und in die Brennkammer (24) eingelassener Luft durch Verdichtung aufgrund der Hin- und Herbewegung des Kolbens (22) gezündet wird, wobei der Selbstzündungsmotor (99) aufweist:

- eine Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) zum Erfassen eines Betriebszustands des Motors (99),
- eine Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) zum Einstellen eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses,
- eine Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) zum Schätzen einer Temperatur (T) oder eines Druckes (P) im Zylinder, und
- eine Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) zum Steuern der Temperatur (T) oder des Druckes (P) im Zylinder,

wobei die Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) ein Luft-/Kraftstoffverhältnis unter Verwendung zumindest einem der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Erfassungsergebnissen einstellt,

die Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) eine Zylinderinnentemperatur (T) oder einen -druck (P) um einen oberen Verdichtungstotpunkt des Motors (99) unter Verwendung von zumindest einem der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Erfassungsergebnissen oder einem von der Luft-/Kraftstoffeinstelleinrichtung eingestellten Luft-/Kraftstoffverhältnis schätzt, und

die Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) in Abhängigkeit von den von der Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) geschätzten Schätzergebnissen so steuert, daß eine Kraftstoffmenge von 50% oder weniger einer vollen Kraftstoffeinspritzmenge während des Einlaßtaktes und die verbleibende Kraftstoffmenge während des Verdichtungstaktes eingespritzt wird, so daß die Zylinderinnentemperatur (T) oder der -druck (P) in der Nähe des oberen Verdichtungstotpunktes einen Kaltflammenbereich (43) durchläuft, der einen Kraftstoffzündbereich darstellt, der durch Beziehungen der Temperatur (T) und des Druckes (P) ausgedrückt wird.

8. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99), der aufweist: einen Ventilmechanismus (13, 14) einschließlich einem Einlaßventil (12) und einem Auslaßventil (15), die jeweils mit einem Motorzylinder eingebaut sind, und ein Kraftstoffeinspritzventil (11) mit einem Einlaßkanal, der in eine Brennkammer (24) geöffnet ist, die von einem Kolben (22) und einer Zylinderwand des Motors (99) umgeben ist, und bei dem ein Gemisch (21a) aus von dem Kraftstoffeinspritzventil (11) eingespritztem Kraftstoff (21b) und in die Brennkammer (24) eingelassener Luft durch Verdichtung aufgrund der Hin- und Herbewegung des Kolbens (22) gezündet wird,

wobei der Selbstzündungsmotor (99) aufweist:

- eine Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) zum Erfassen eines Betriebszustands des Motors (99),
- eine Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) zum Einstellen eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses,
- eine Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) zum Schätzen einer Temperatur (T) oder eines Druckes (P) im Zylinder, und
- eine Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104)

zum Steuern der Temperatur (T) oder des Druckes (P) im Zylinder,

wobei die Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) ein Luft-/Kraftstoffverhältnis unter Verwendung von zumindest einem der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Erfassungsergebnissen einstellt,

die Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) eine Zylinderinnentemperatur (T) oder einen -druck (P) um einen oberen Verdichtungstotpunkt des Motors (99) unter Verwendung von zumindest einem der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Erfassungsergebnissen oder einem von der Luft-/Kraftstoffeinstelleinrichtung eingestellten Luft-/Kraftstoffverhältnis schätzt, und

die Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) in Abhängigkeit von den von der Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) geschätzten Schätzergebnissen einen Schließzeitpunkt eines Einlaßventils (12) so steuert, daß die Zylinderinnentemperatur (T) oder der -druck (P) in der Nähe des oberen Verdichtungstotpunktes einen Kaltflammenbereich (43) durchläuft, der einen Kraftstoffzündbereich darstellt, der durch Beziehungen der Temperatur (T) und des Druckes (P) ausgedrückt wird, und daß eine Zündung in der Nähe des oberen Totpunktes des Motors (99) stattfindet.

9. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99) nach Anspruch 1, bei dem der Motor (99) aufweist: einen Ventilmechanismus (13, 14) einschließlich einem Einlaßventil (12) und einem Auslaßventil (15), die jeweils mit einem Motorzylinder eingebaut sind, und ein Kraftstoffeinspritzventil (11) mit einem Einlaßkanal, der in eine Brennkammer (24) geöffnet ist, die von einem Kolben (22) und einer Zylinderwand des Motors (99) umgeben ist, und bei dem ein Gemisch (21a) aus von dem Kraftstoffeinspritzventil (11) eingespritztem Kraftstoff (21b) und in die Brennkammer (24) eingelassener Luft durch Verdichtung aufgrund der Hin- und Herbewegung des Kolbens (22) gezündet wird, wobei der Selbstzündungsmotor (99) aufweist:

- eine Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) zum Erfassen eines Betriebszustands des Motors (99),
- eine Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) zum Einstellen eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses,
- eine Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) zum Schätzen einer Temperatur (T) oder eines Druckes (P) im Zylinder, und
- eine Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) zum Steuern der Temperatur (T) oder des Druckes (P) im Zylinder,

wobei die Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) die Zündbarkeit von Kraftstoff (21b) beurteilt und einen Kaltflammenbereich (43), der ein Soll wird, in Abhängigkeit von dem Beurteilungsergebnis ändert.

10. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99), der aufweist: einen Ventilmechanismus (13, 14) einschließlich einem Einlaßventil (12) und einem Auslaßventil (15), die jeweils mit einem Motorzylinder eingebaut sind, und ein Kraftstoffeinspritzventil (11) mit einem Einlaßkanal, der in eine Brennkammer (24) geöffnet ist, die von einem Kolben (22) und einer Zylinderwand des Motors (99) umgeben ist, und bei dem ein Gemisch (21a) aus von dem Kraftstoffeinspritzventil (11) eingespritztem Kraftstoff (21b) und in die Brennkammer (24) eingelassener Luft durch Verdichtung aufgrund der Hin- und Herbewegung des Kolbens (22) gezündet wird,

wobei der Selbstzündungsmotor (99) aufweist:

eine Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) zum Erfassen eines Betriebszustands des Motors (99), eine Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) zum Einstellen eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses, eine Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) zum Schätzen einer Temperatur (T) oder eines Druckes (P) im Zylinder, und eine Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) zum Steuern der Temperatur (T) oder des Druckes (P) im Zylinder, wobei die Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) ein Luft-/Kraftstoffverhältnis unter Verwendung von zumindest einem der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Erfassungsergebnissen einstellt, die Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) eine Zylinderinnentemperatur (T) oder -druck (P) um einen oberen Verdichtungstotpunkt des Motors (99) unter Verwendung von zumindest einem der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Ergebnissen oder einem von der Luft-/Kraftstoffeinstelleinrichtung eingestelltem Luft-/Kraftstoffverhältnis schätzt, und die Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) in Abhängigkeit von den von der Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) geschätzten Schätzergebnissen bewirkt, daß die Zylinderinnentemperatur (T) oder der -druck (P) in der Nähe des oberen Verdichtungstotpunktes einen Kaltflammenbereich (43) durchläuft, der einen Kraftstoffzündbereich darstellt, der durch Beziehungen der Temperatur (T) und des Druckes (P) ausgedrückt wird, und eine Zündung unter Verwendung einer Zündeinrichtung (57) in einem Bereich hoher Last und während eines Starts bewirkt.

11. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99), der aufweist: einen Ventilmechanismus (13, 14) einschließlich einem Einlaßventil (12) und einem Auslaßventil (15), die jeweils mit einem Motorzylinder eingebaut sind, und ein Kraftstoffeinspritzventil (11) mit einem Einlaßkanal, der in eine Brennkammer (24) geöffnet ist, die von einem Kolben (22) und einer Zylinderwand des Motors (99) umgeben ist, und bei dem ein Gemisch (21a) aus von dem Kraftstoffeinspritzventil (11) eingespritztem Kraftstoff (21b) und in die Brennkammer (24) eingelassener Luft durch Verdichtung aufgrund der Hin- und Herbewegung des Kolbens (22) gezündet wird, wobei der Selbstzündungsmotor (99) aufweist: eine Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) zum Erfassen eines Betriebszustands des Motors (99), eine Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) zum Einstellen eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses, eine Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) zum Schätzen einer Temperatur (T) oder eines Druckes (P) im Zylinder, und eine Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) zum Steuern der Temperatur (T) oder des Druckes (P) im Zylinder, wobei die Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) ein Luft-/Kraftstoffverhältnis unter Verwendung von zumindest einem der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Erfassungsergebnissen einstellt, die Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) eine Zylinderinnentemperatur (T) oder einen -druck (P) um einen oberen Verdichtungstotpunkt des Motors (99) unter Verwendung von zumindest einem der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Erfassungsergebnissen oder einem von der Luft-/Kraft-

stoffeinstelleinrichtung eingestelltem Luft-/Kraftstoffverhältnis schätzt, und die Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) in Abhängigkeit von den von der Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) geschätzten Schätzergebnissen bewirkt, daß die Zylinderinnentemperatur (T) oder der -druck (P) in der Nähe des oberen Verdichtungstotpunktes einen Kaltflammenbereich (43) durchläuft, der einen Kraftstoffzündbereich darstellt, der durch Beziehungen der Temperatur (T) und des Druckes (P) ausgedrückt wird.

12. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99) nach Anspruch 11, bei dem eine Ionenstromerfassungseinrichtung (57, 58) zum Erfassen eines Ionenstroms in der Brennkammer (24) als ein Sensor zum Erfassen einer Gemischreaktion vor der Zündung verwendet wird.

13. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99) nach Anspruch 11, bei dem eine Druckerfassungseinrichtung zum Erfassen eines Druckes (P) in der Brennkammer (24) als ein Sensor zur Erfassung einer Gemischreaktion vor der Zündung verwendet wird.

14. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99), der aufweist: einen Ventilmechanismus (13, 14) einschließlich einem Einlaßventil (12) und einem Auslaßventil (15), die jeweils mit einem Motorzylinder eingebaut sind, und ein Kraftstoffeinspritzventil (11) mit einem Einlaßkanal, der in eine Brennkammer (24) geöffnet ist, die von einem Kolben (22) und einer Zylinderwand des Motors (99) umgeben ist, und bei dem ein Gemisch (21a) aus von dem Kraftstoffeinspritzventil (11) eingespritztem Kraftstoff (21b) und in die Brennkammer (24) eingelassener Luft durch Verdichtung aufgrund der Hin- und Herbewegung des Kolbens (22) gezündet wird,

wobei der Selbstzündungsmotor (99) aufweist: eine Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) zum Erfassen eines Betriebszustands des Motors (99), eine Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) zum Einstellen eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses, eine Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) zum Schätzen einer Temperatur (T) oder eines Druckes (P) im Zylinder, und

eine Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) zum Steuern der Temperatur (T) oder des Druckes (P) im Zylinder,

wobei die Luft-/Kraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (102) ein Luft-/Kraftstoffverhältnis unter Verwendung von zumindest einem der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Erfassungsergebnissen einstellt,

die Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) eine Zylinderinnentemperatur (T) oder einen -druck (P) um einen oberen Verdichtungstotpunkt des Motors (99) unter Verwendung von zumindest der von der Betriebszustandserfassungseinrichtung (101) erfaßten Erfassungsergebnissen und/oder einem von der Luft-/Kraftstoffeinstelleinrichtung eingestelltem Luft-/Kraftstoffverhältnis schätzt, und

die Zylinderinnenzustandssteuereinrichtung (104) eine Zylinderinnenzustandsgröße des Motors (99) in Abhängigkeit von den von der Zylinderinnenzustandsschätzeinrichtung (103) geschätzten Schätzergebnissen so steuert, daß eine spezifische Elementarreaktion von Kraftstoff (21b), der dem Motor (99) zugeführt wird, in der Nähe des oberen Verdichtungstotpunktes stattfindet.

15. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99) nach Anspruch 14, bei dem die spezifische Elementar-

reaktion eine Reaktion ist, bei der Aldehyd (HCHO) oder Peroxid erzeugt wird.

16. Steuerverfahren eines Selbstzündungsmotors (99), bei dem ein Fahrzeug, das ein Steuerverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15 verwendet, eine Einrichtung (98) zum Einlesen von Straßenverkehrsinformationen von außerhalb des Fahrzeugs aufweist, und wobei ein Luft-/Kraftstoffverhältnis des Motors (99) unter Verwendung der Straßenverkehrsinformationen eingestellt wird.

Hierzu 29 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1

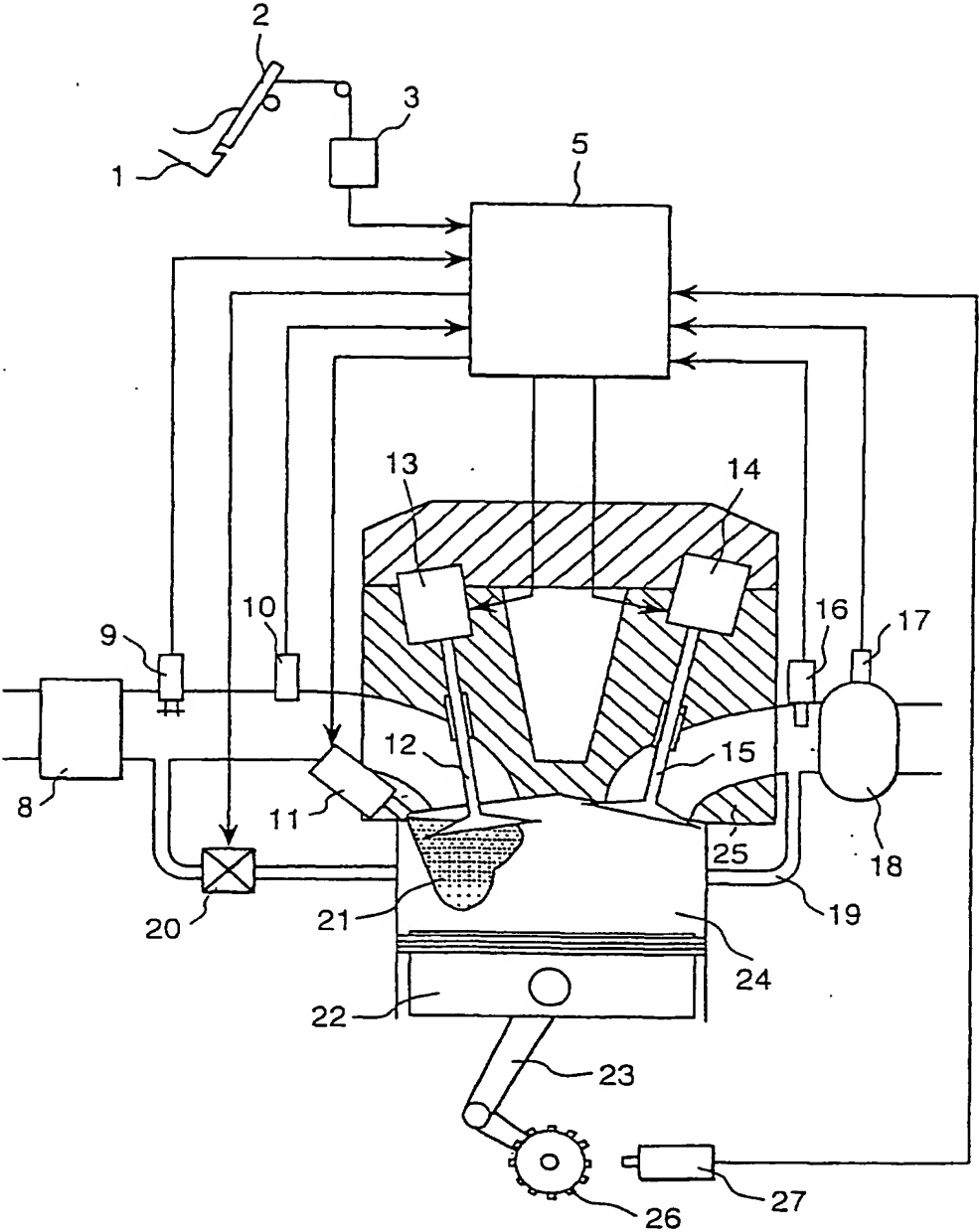


FIG. 2

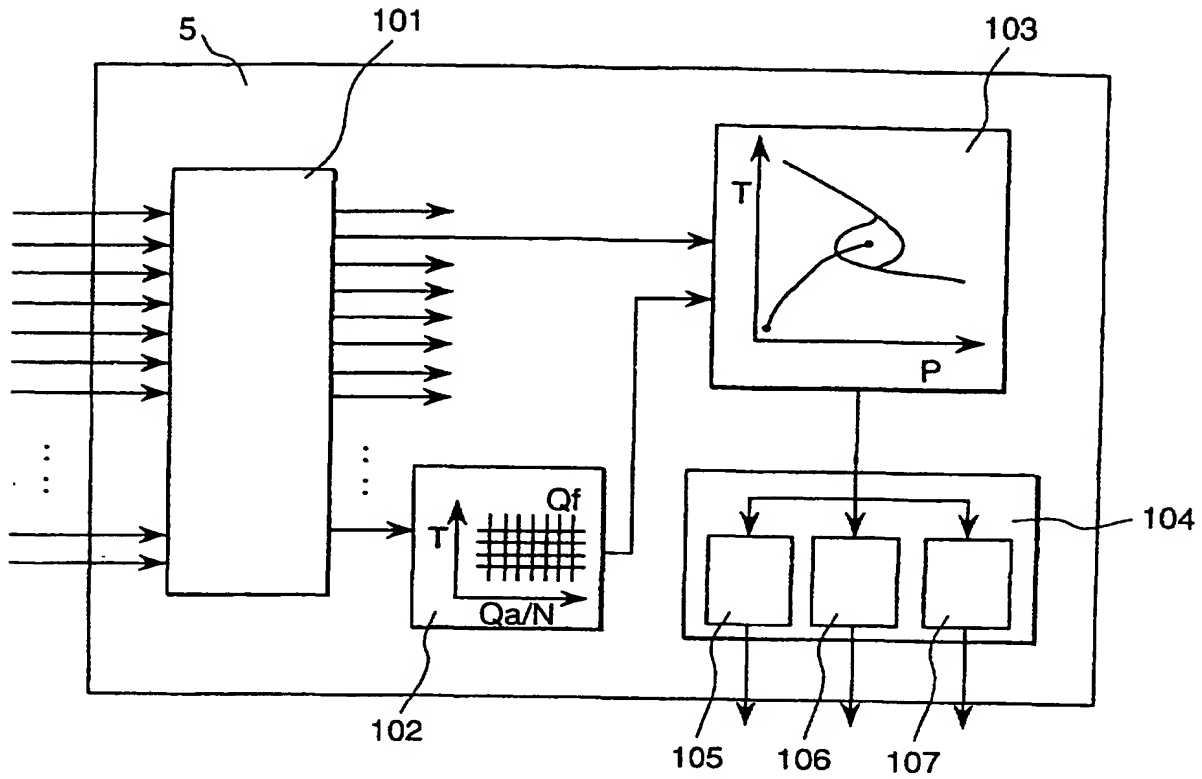


FIG. 3

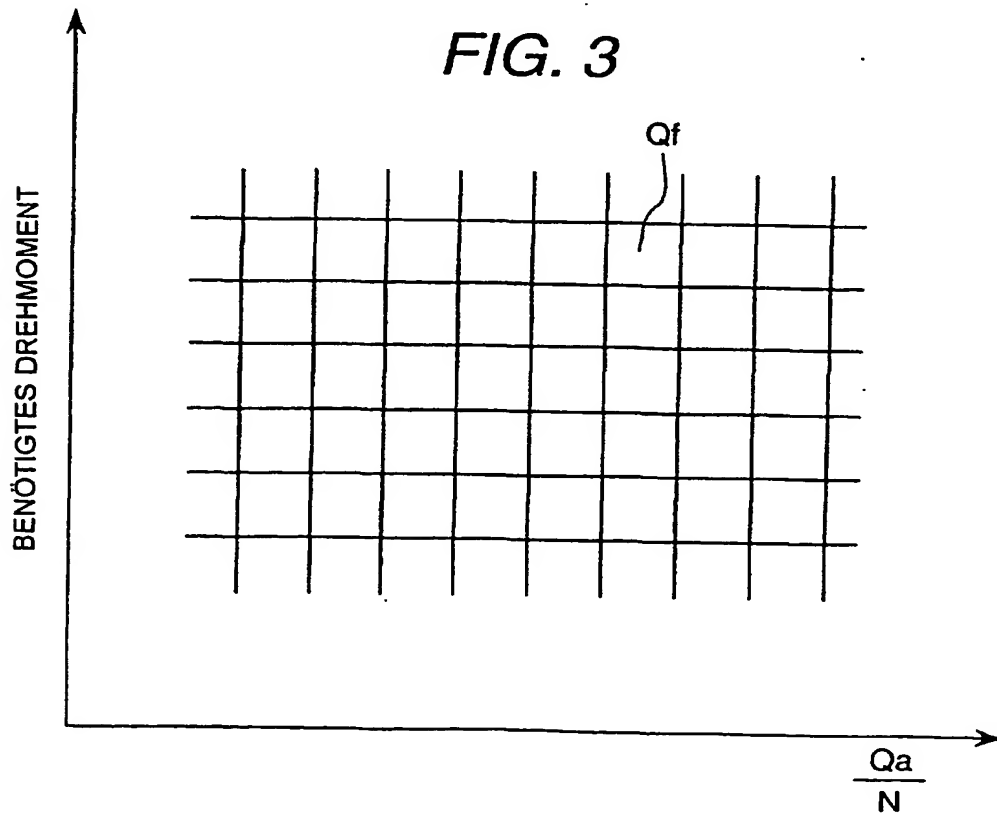


FIG. 4A

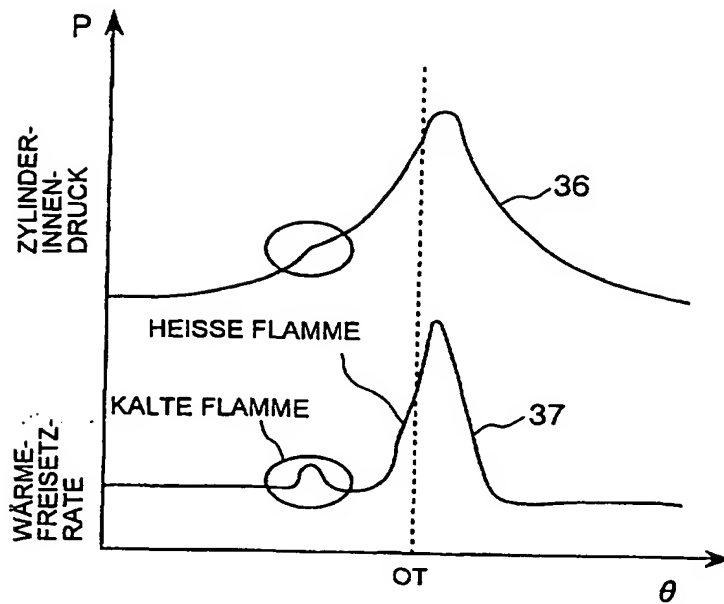


FIG. 4B

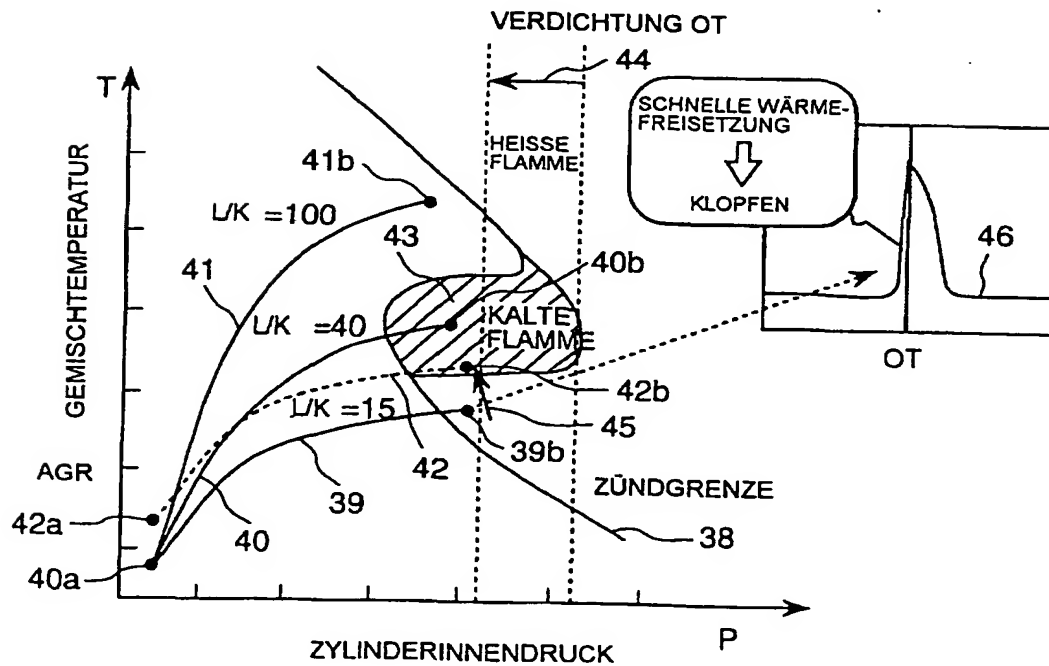


FIG. 5

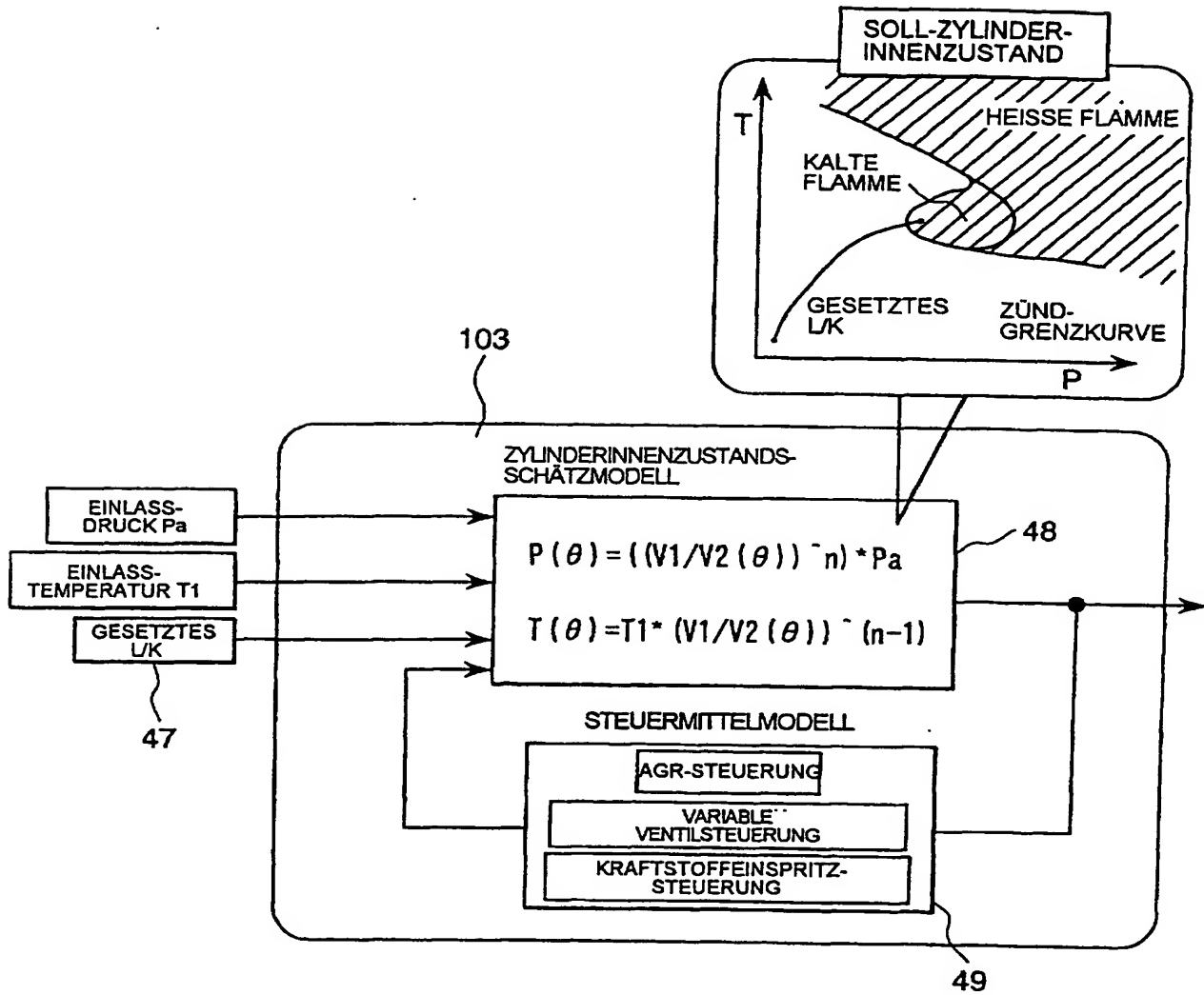


FIG. 6

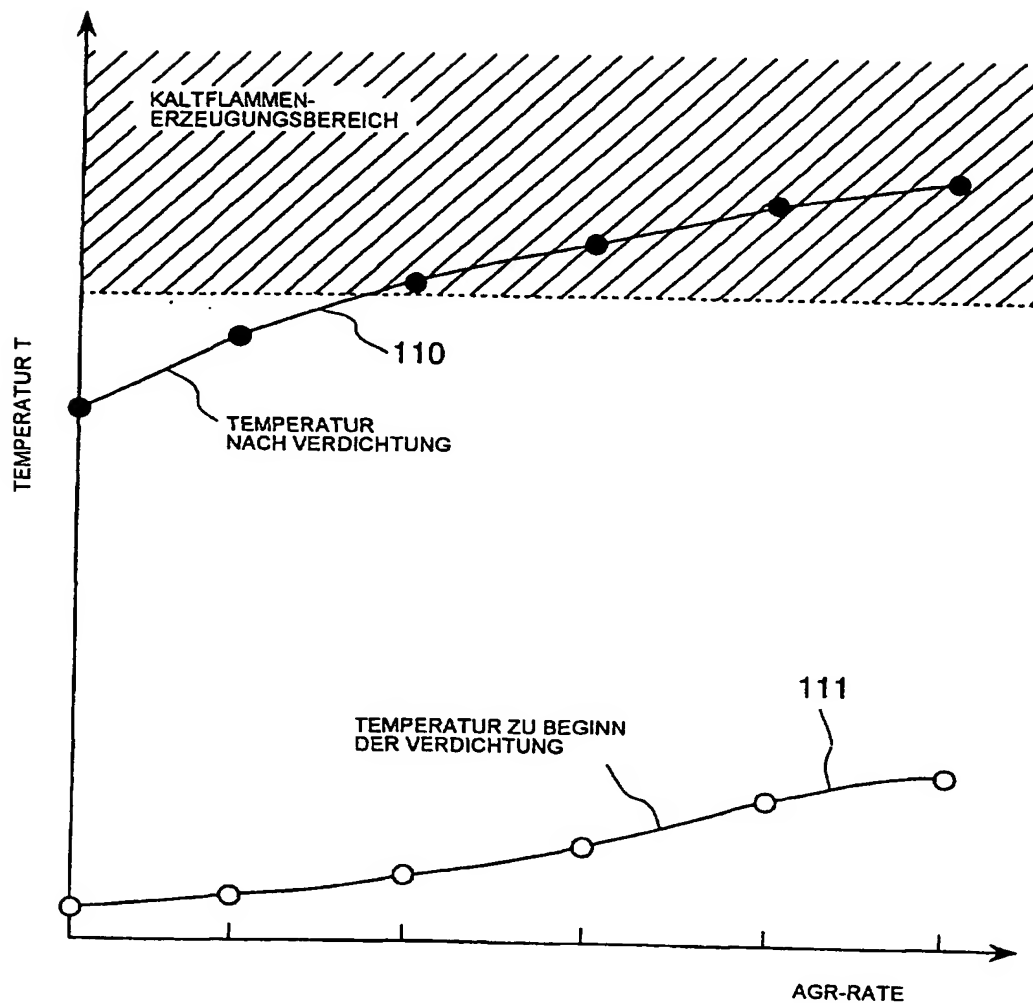


FIG. 7

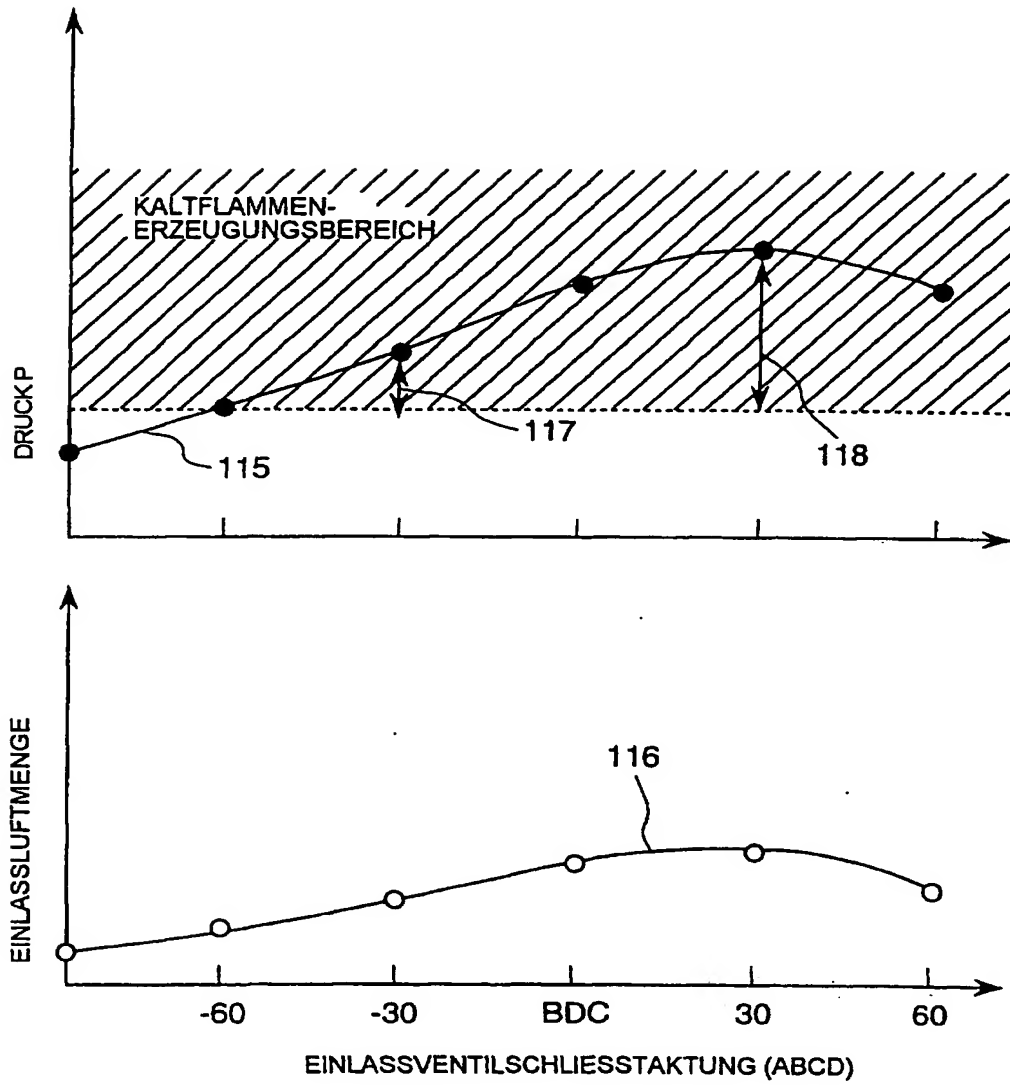


FIG. 8

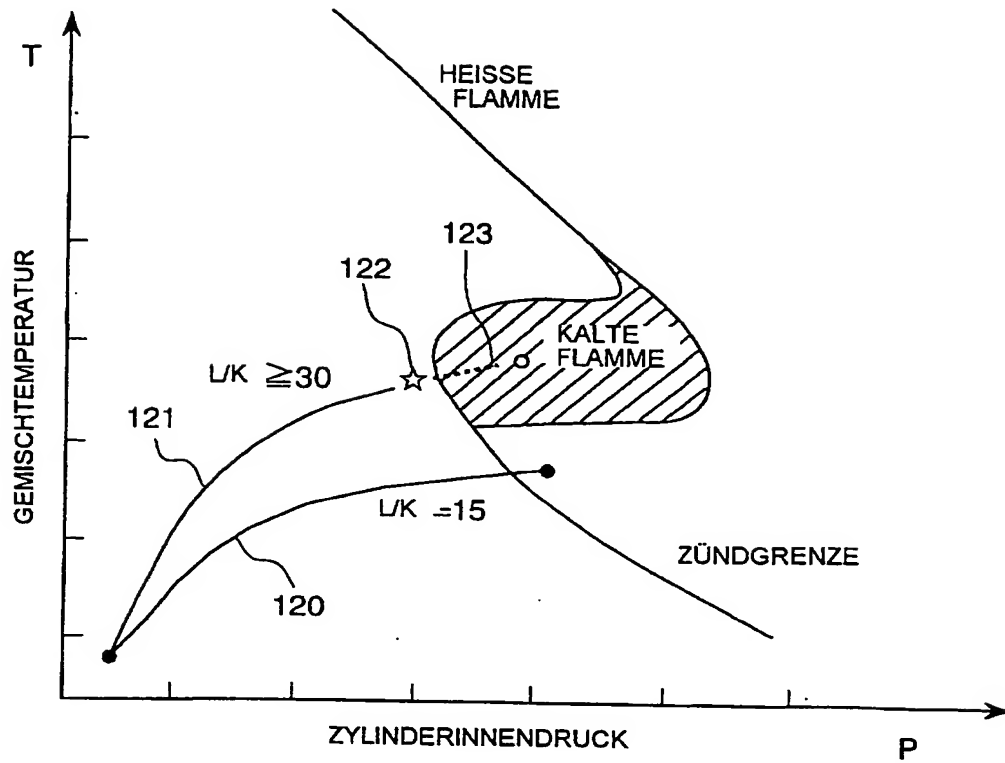


FIG. 9

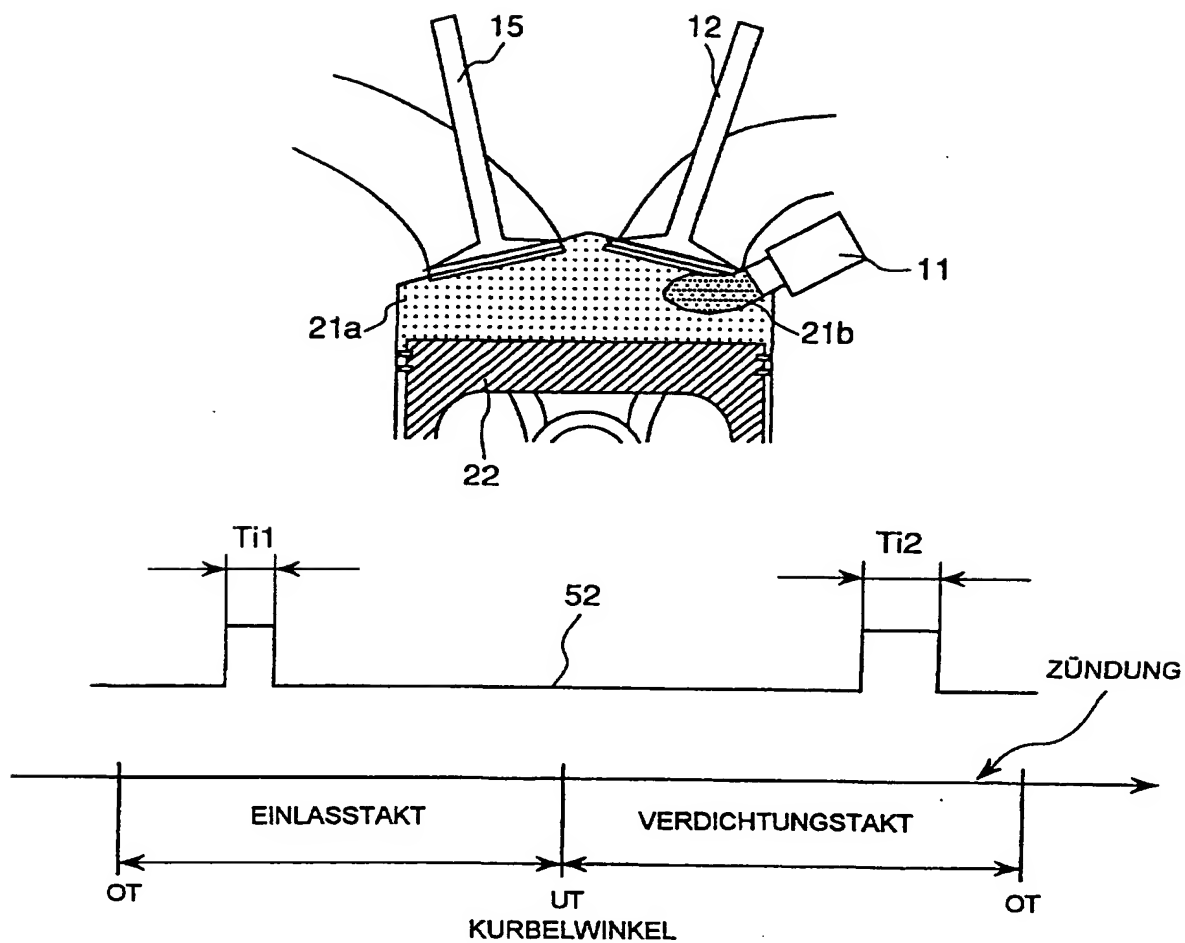


FIG. 10

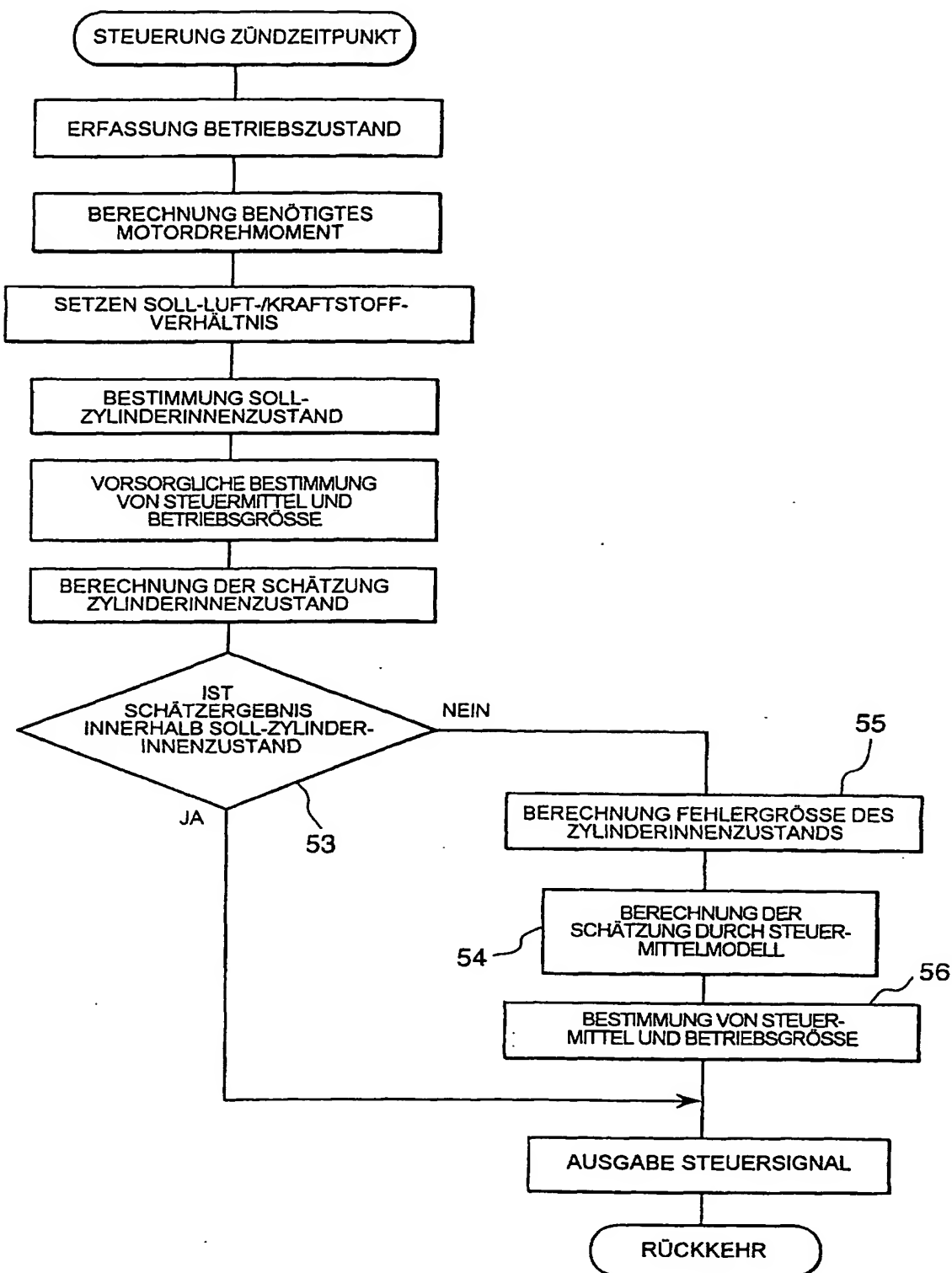


FIG. 11

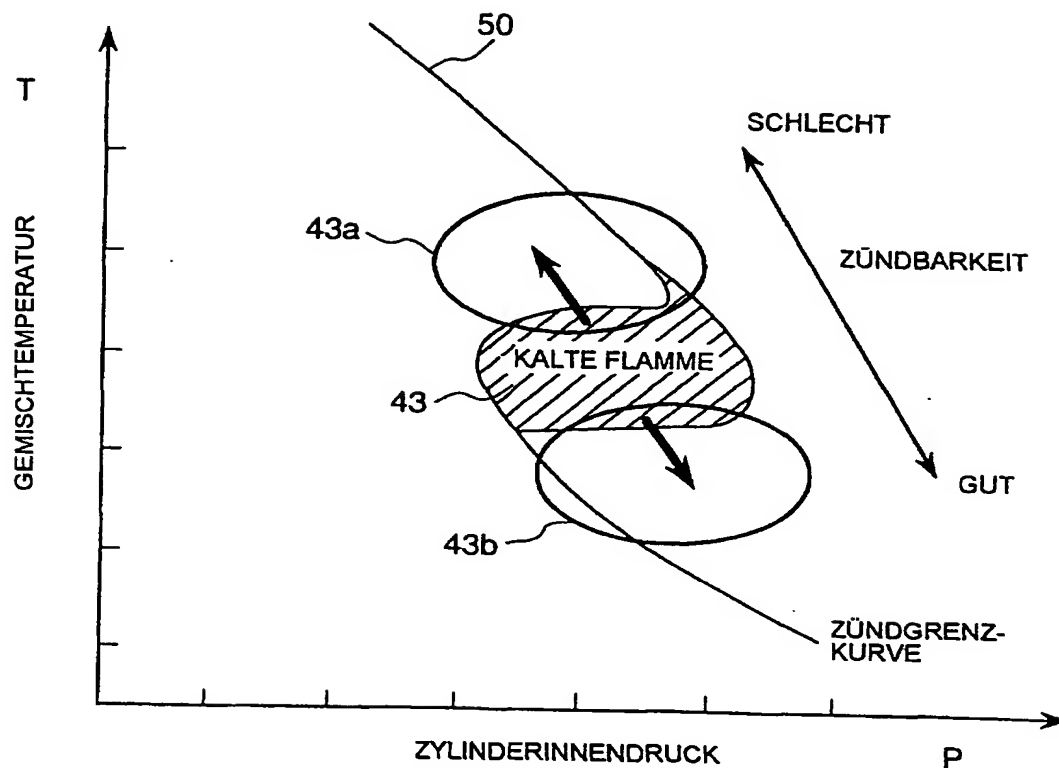


FIG. 12

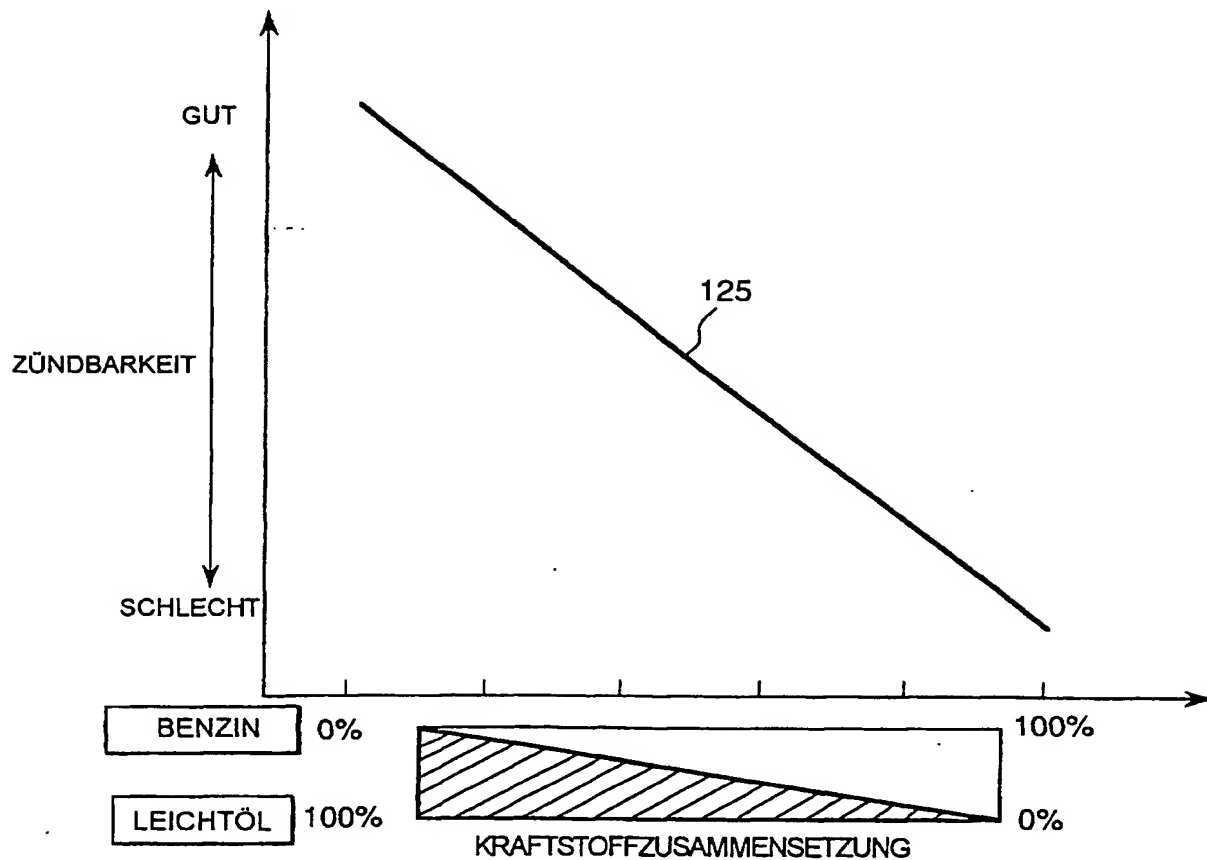


FIG. 13

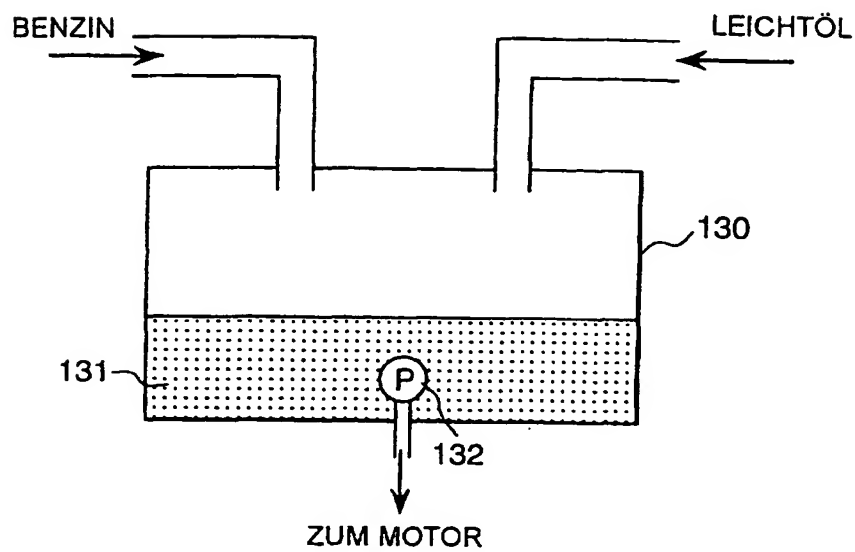


FIG. 14

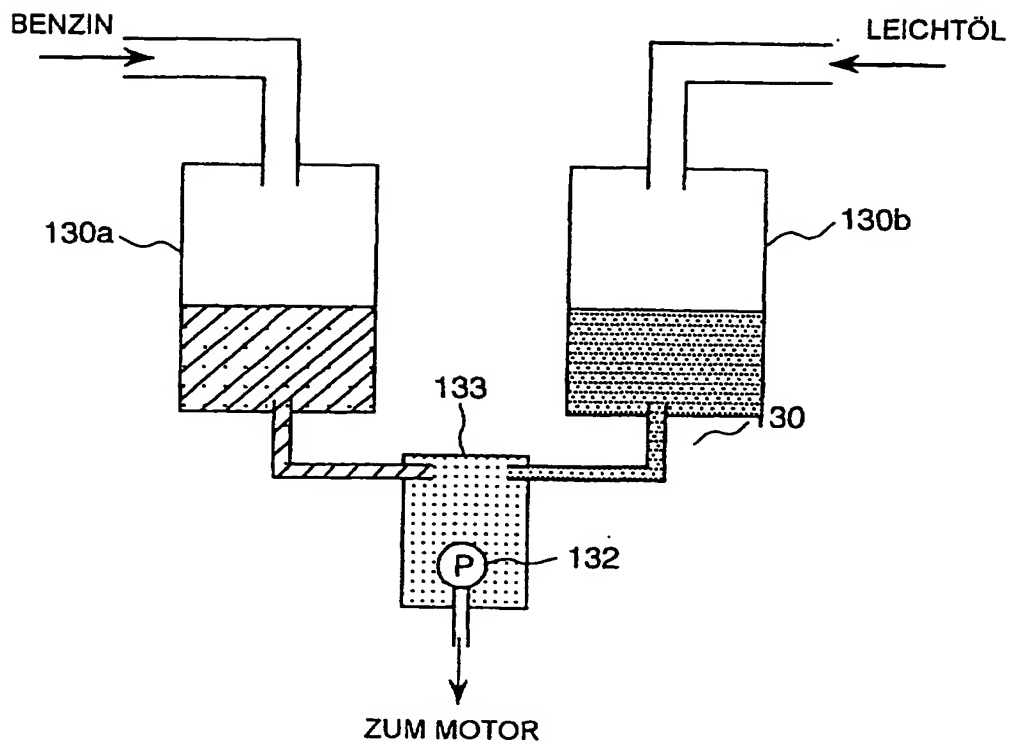


FIG. 15

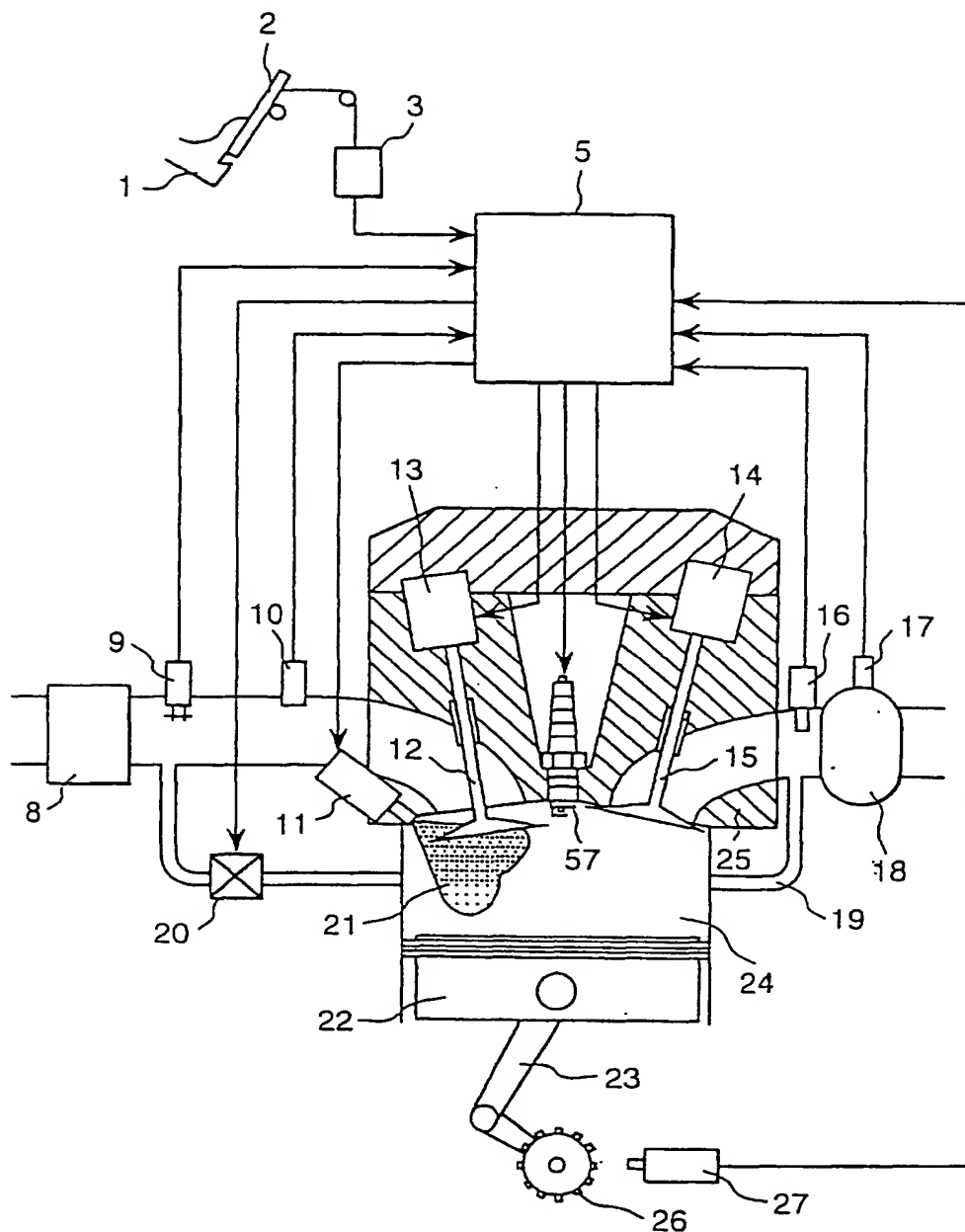


FIG. 16

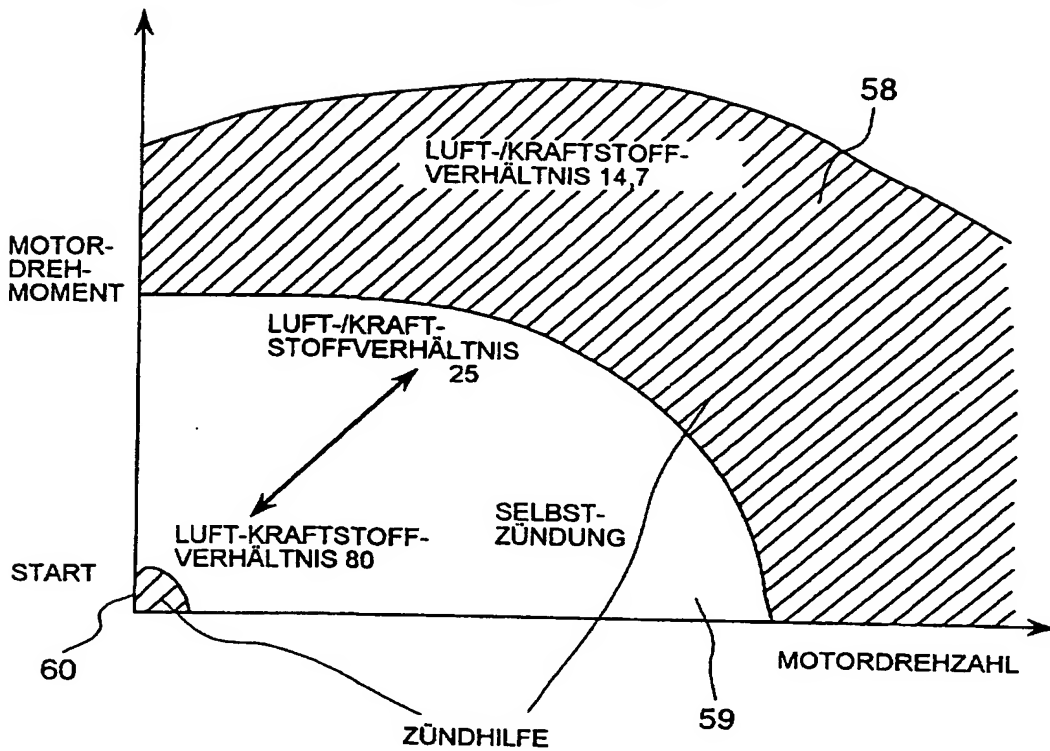


FIG. 21

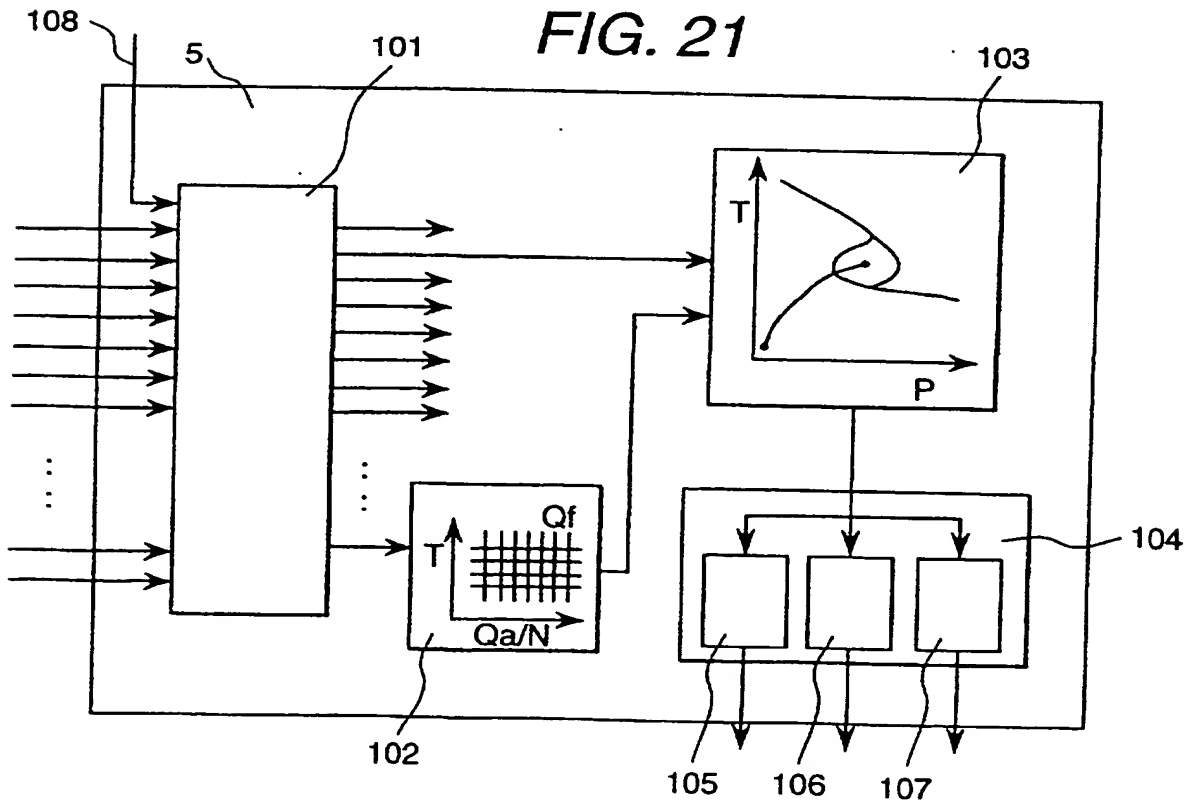


FIG. 17

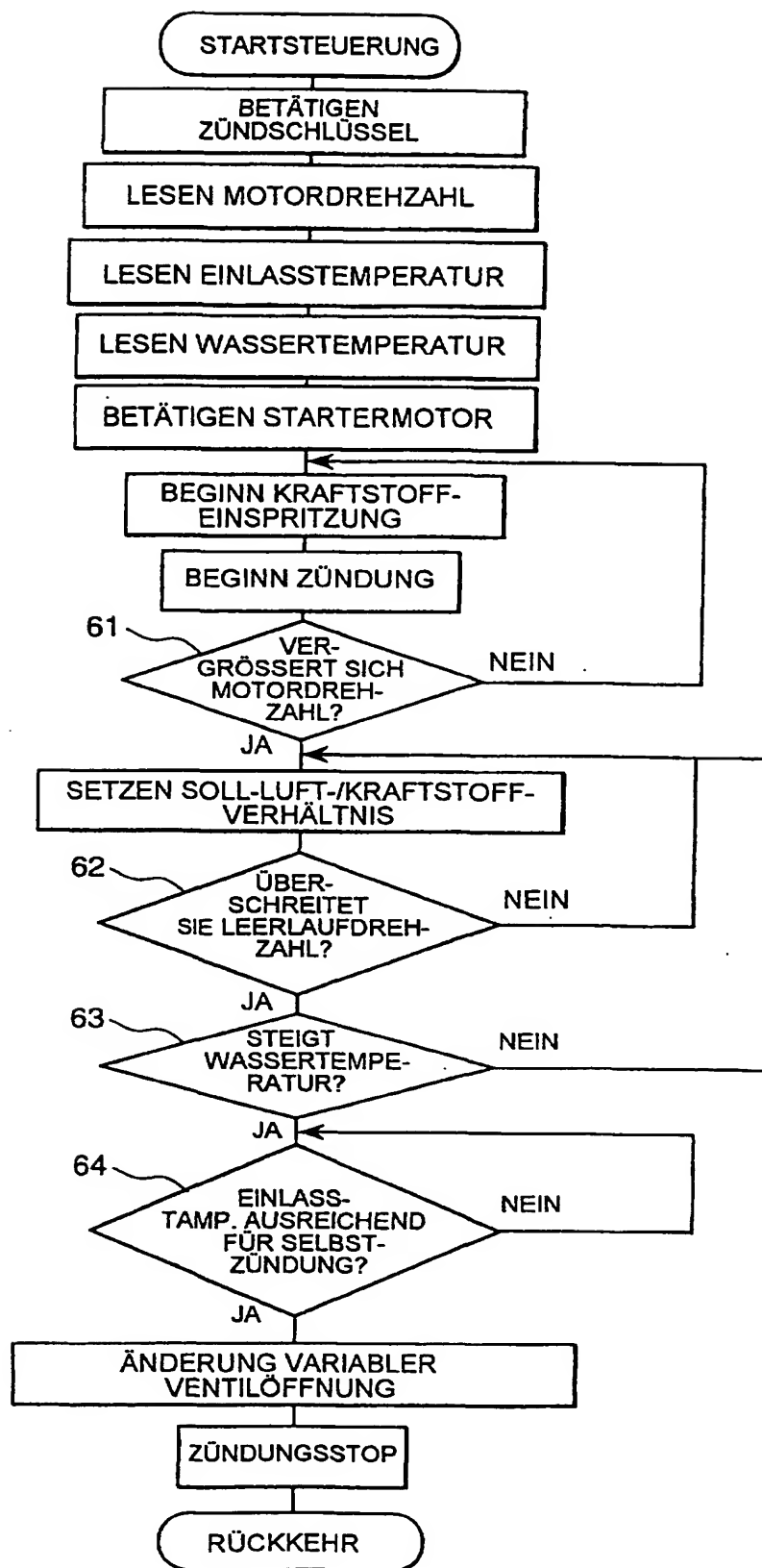


FIG. 18

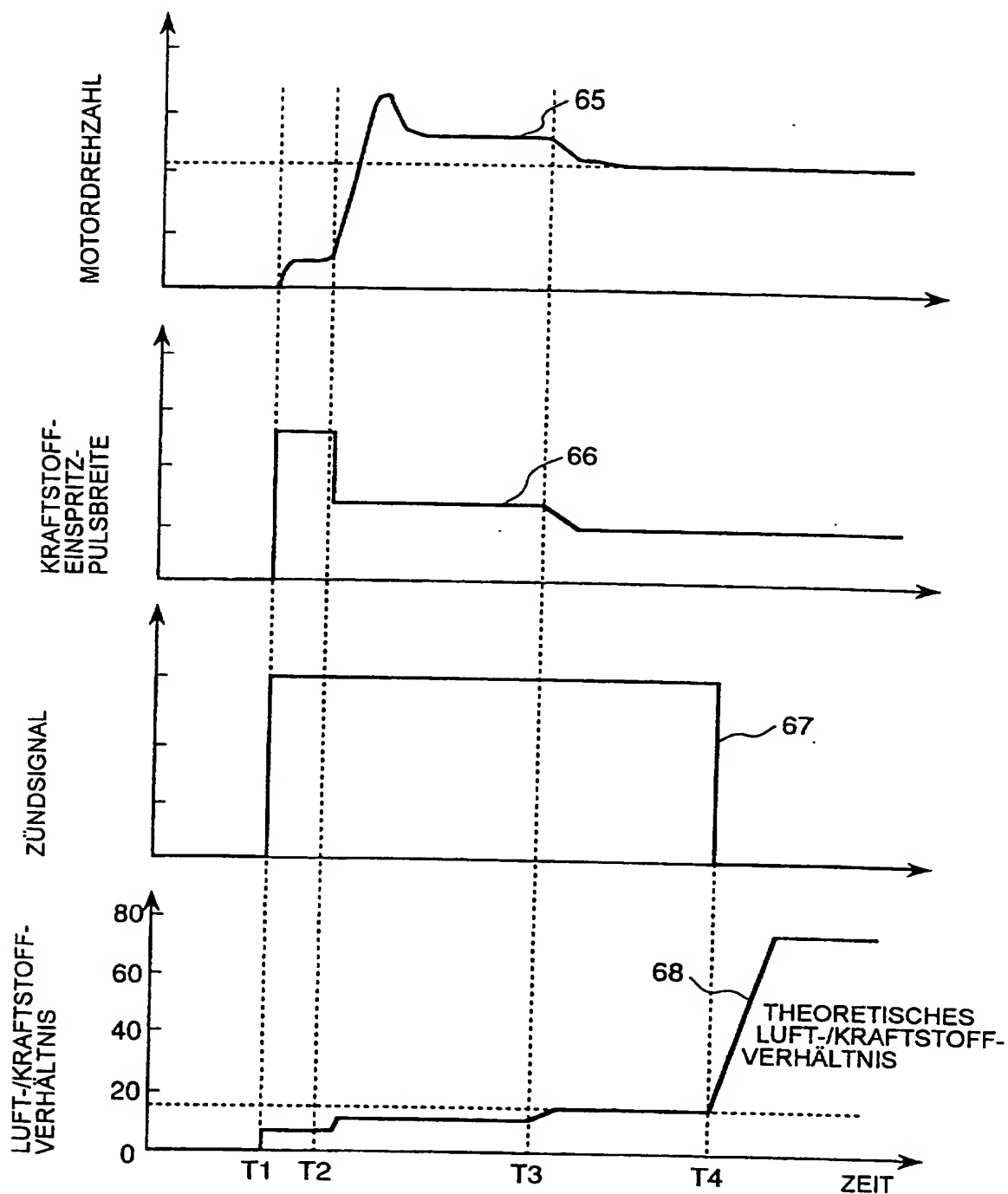


FIG. 19

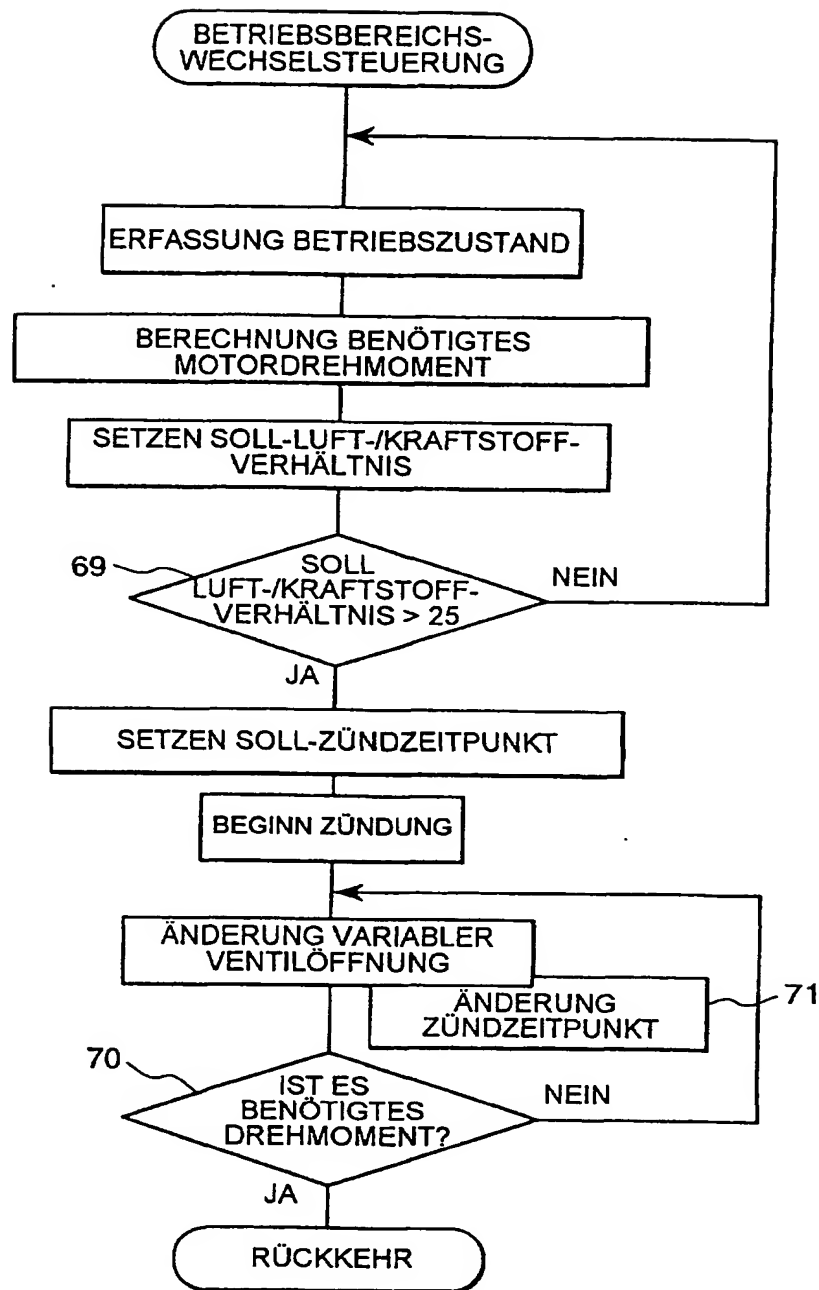


FIG. 20

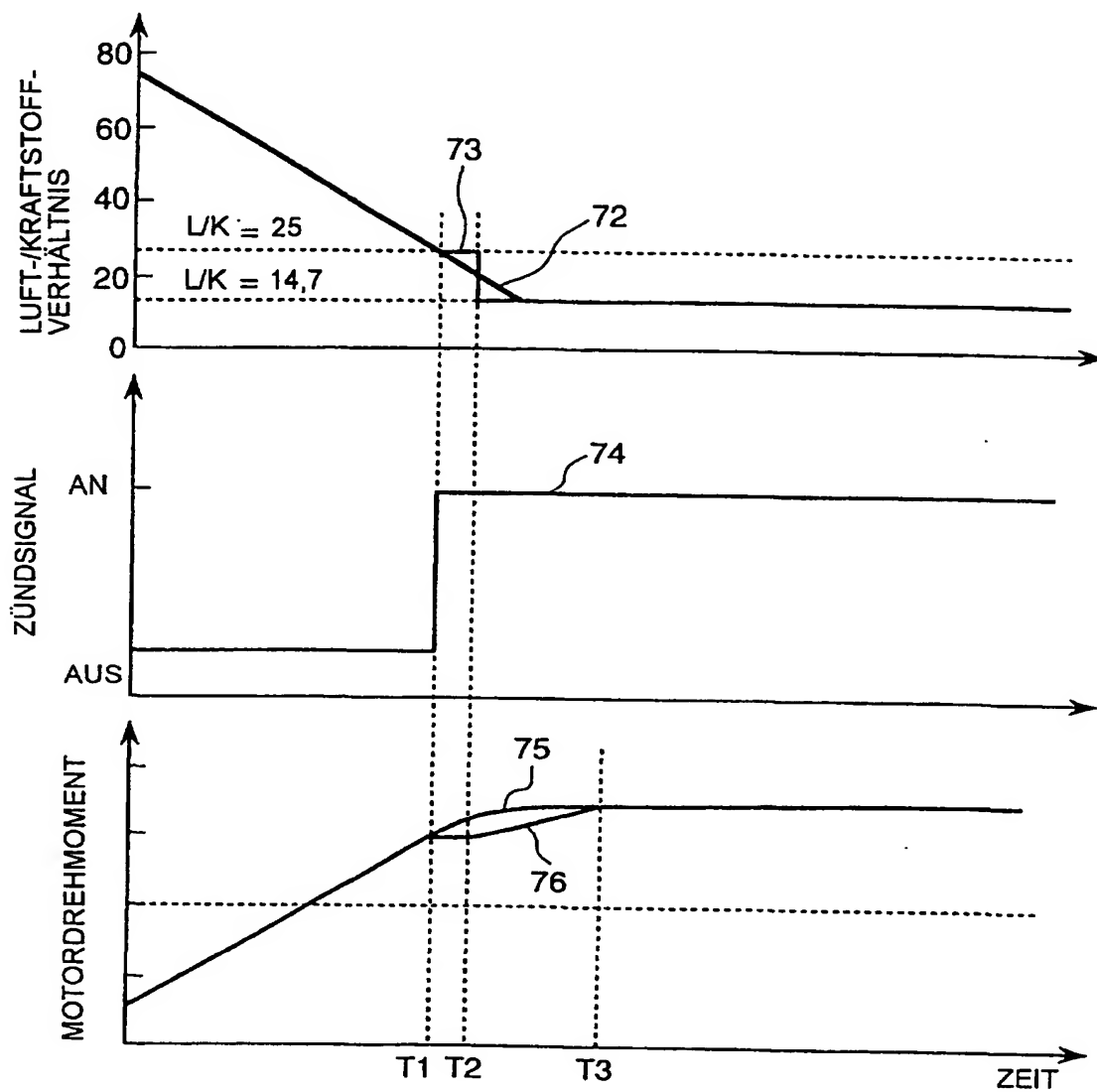


FIG. 22

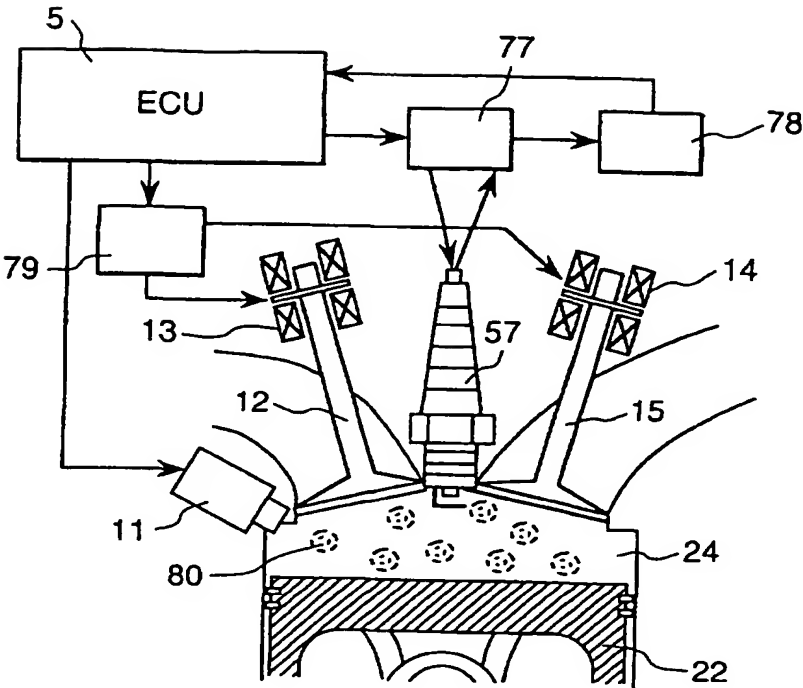


FIG. 23

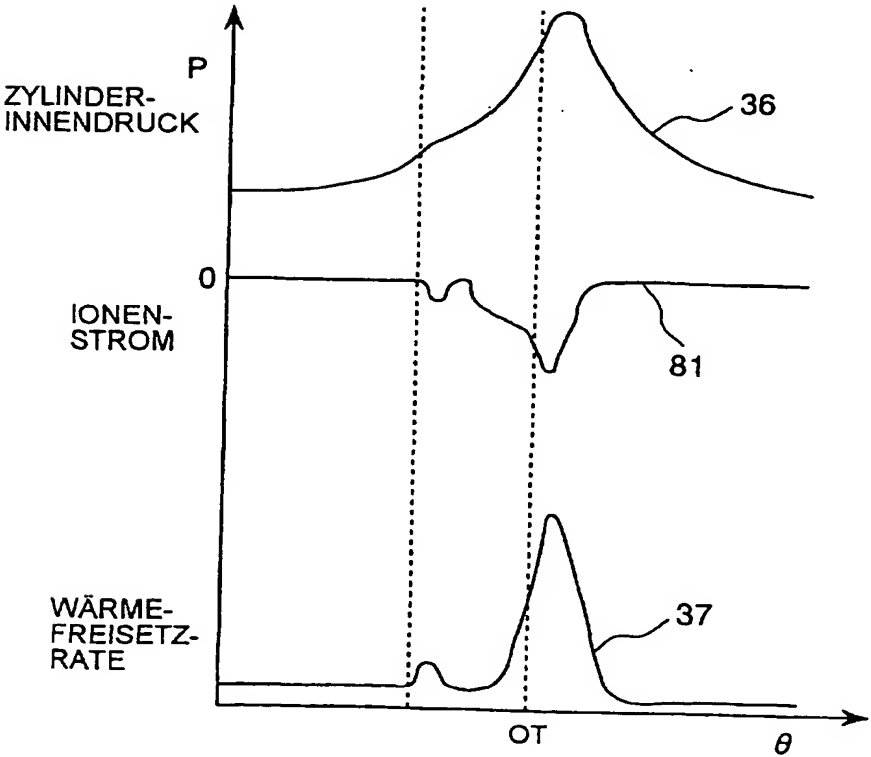


FIG. 24

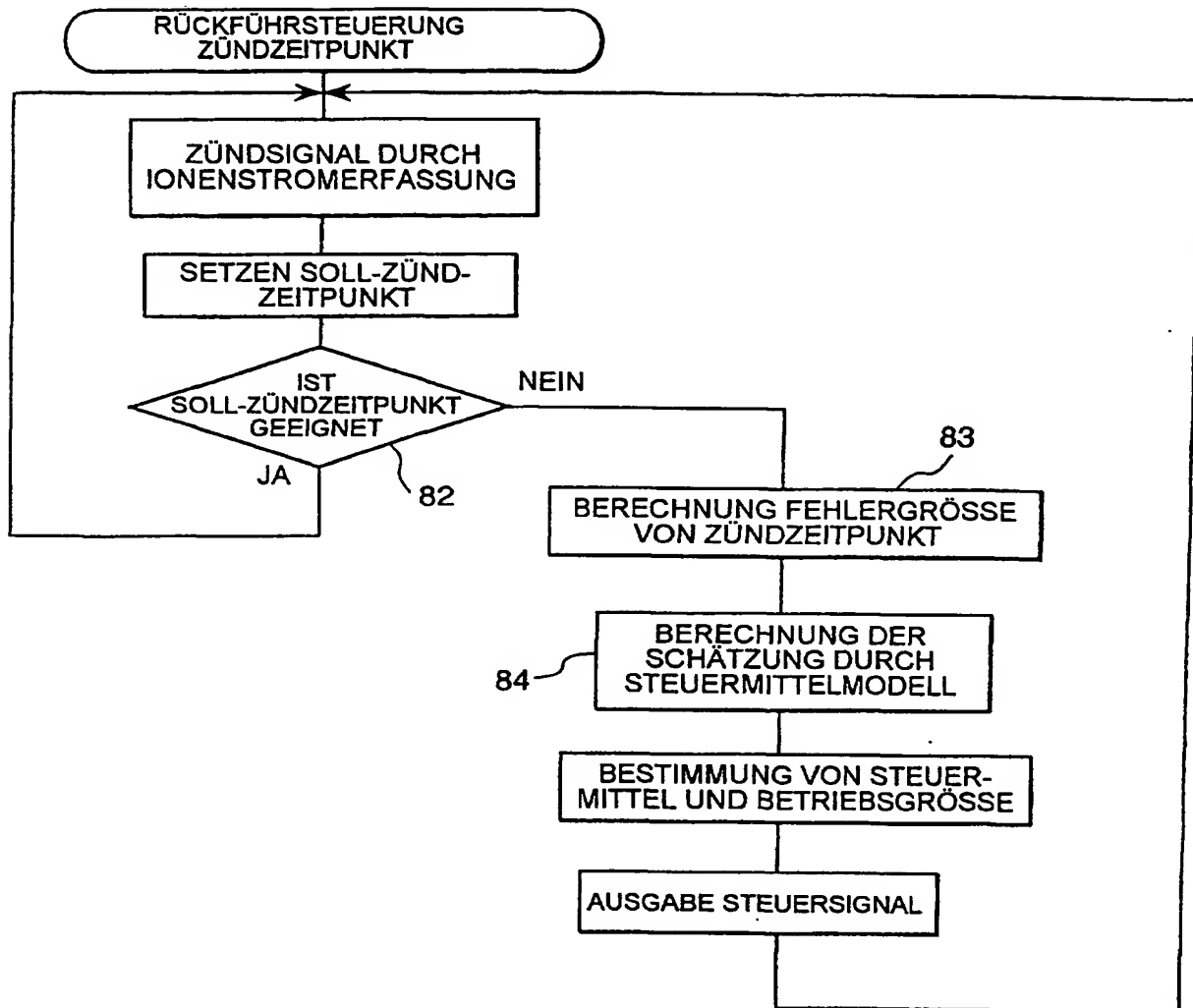


FIG. 25

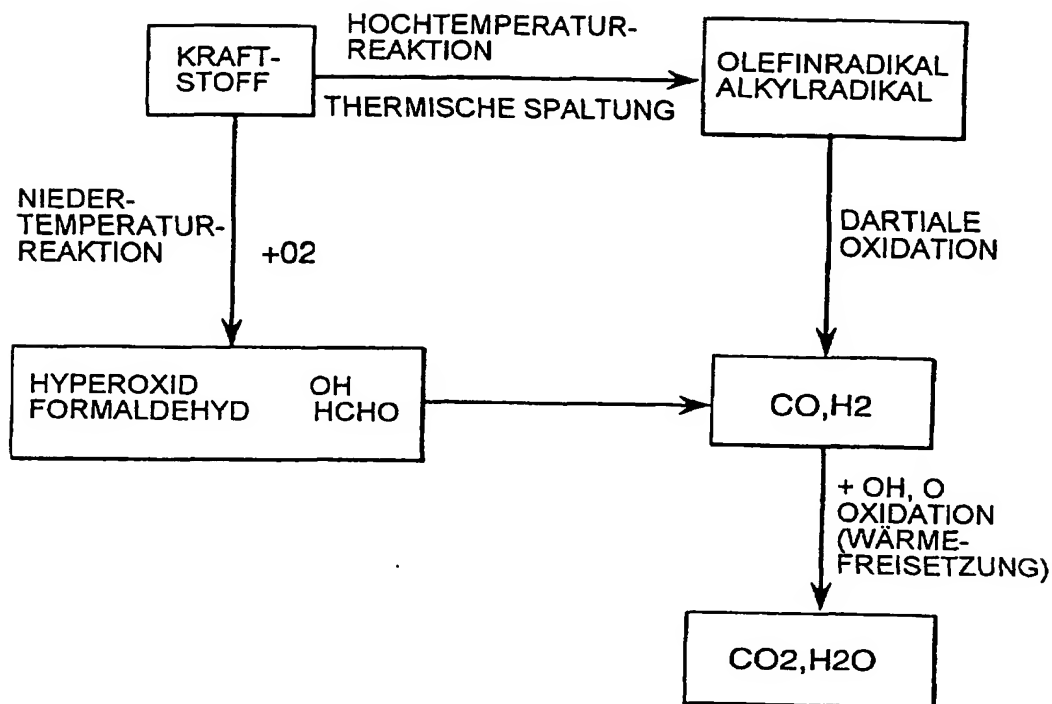


FIG. 26

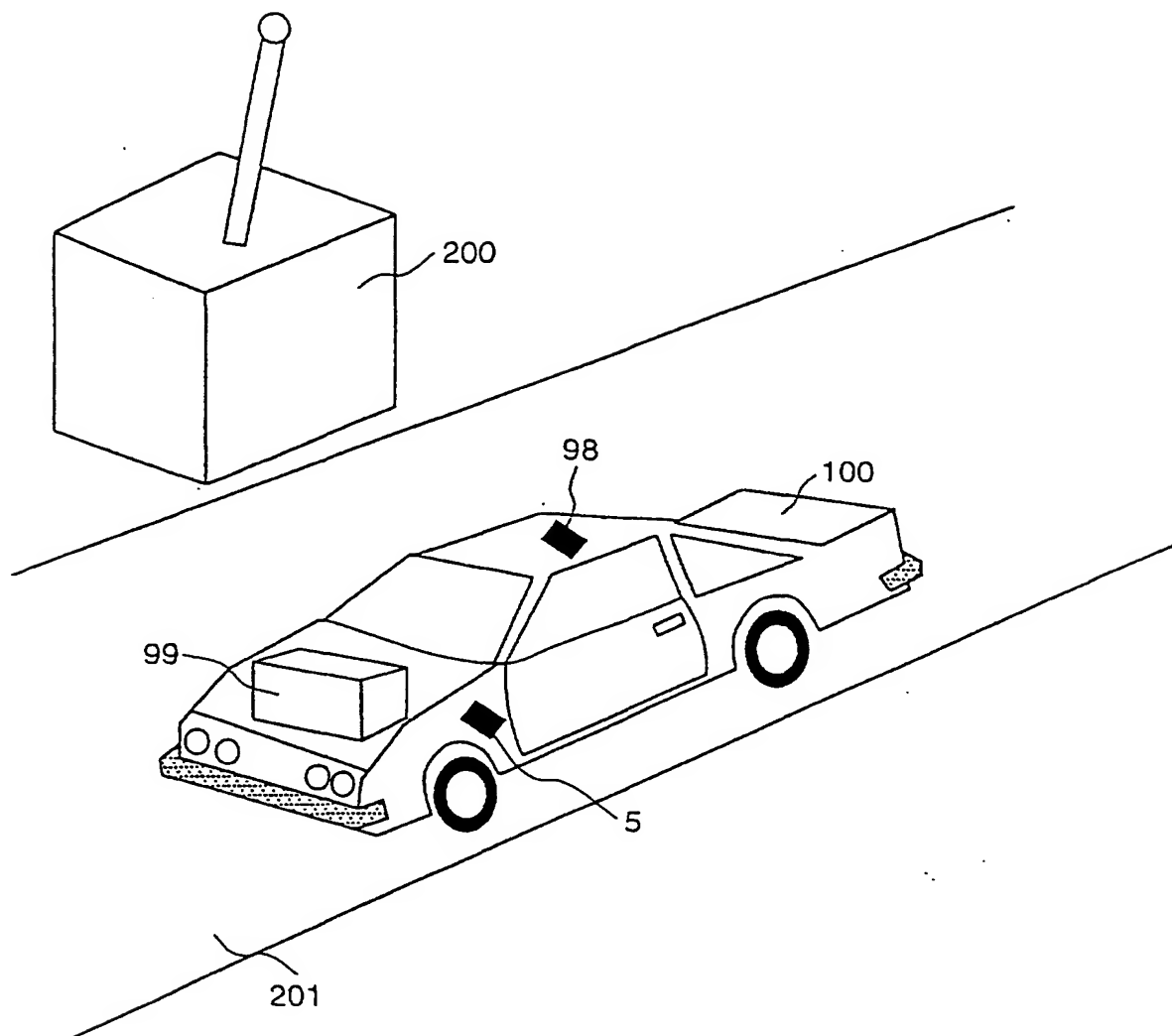


FIG. 27

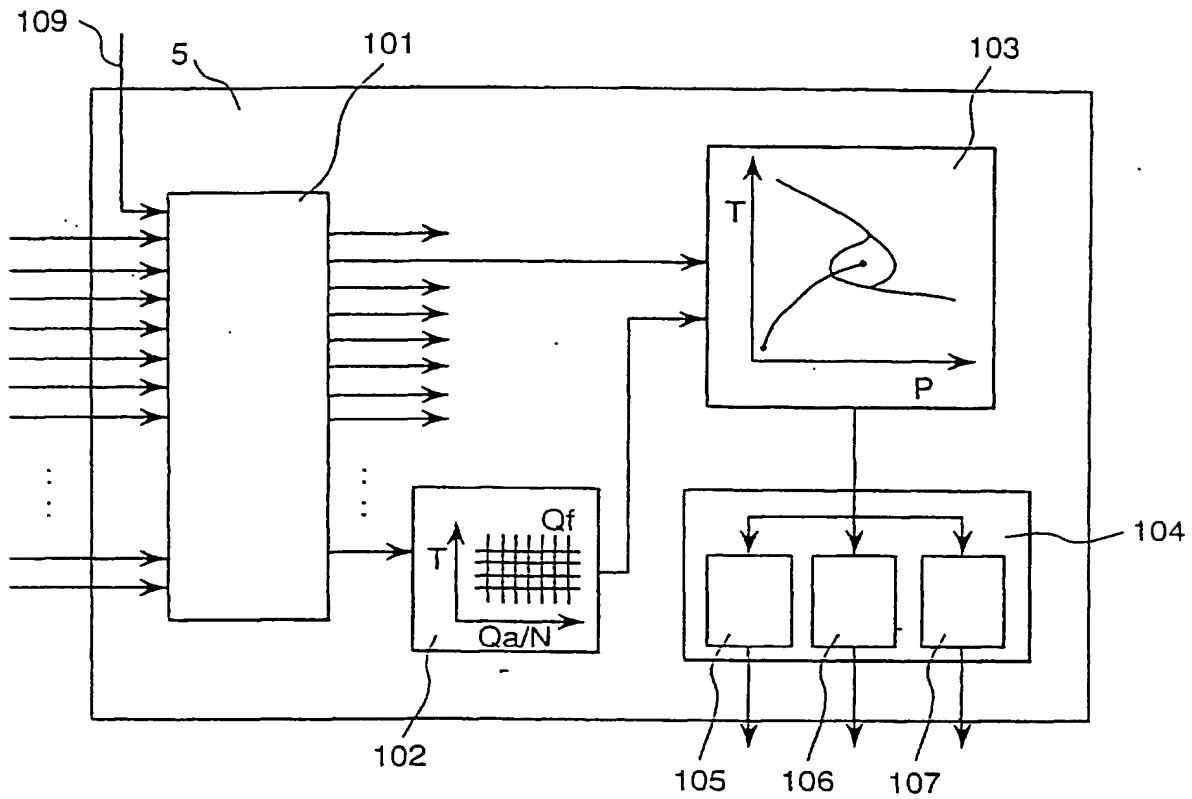


FIG. 28

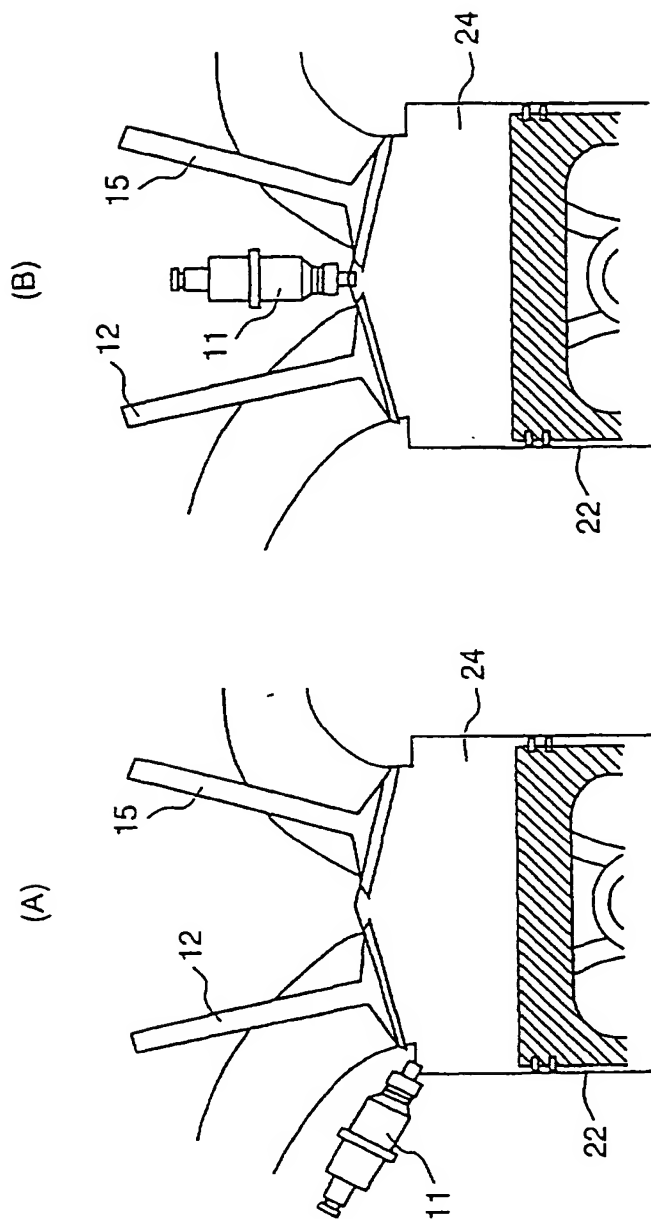


FIG. 29A

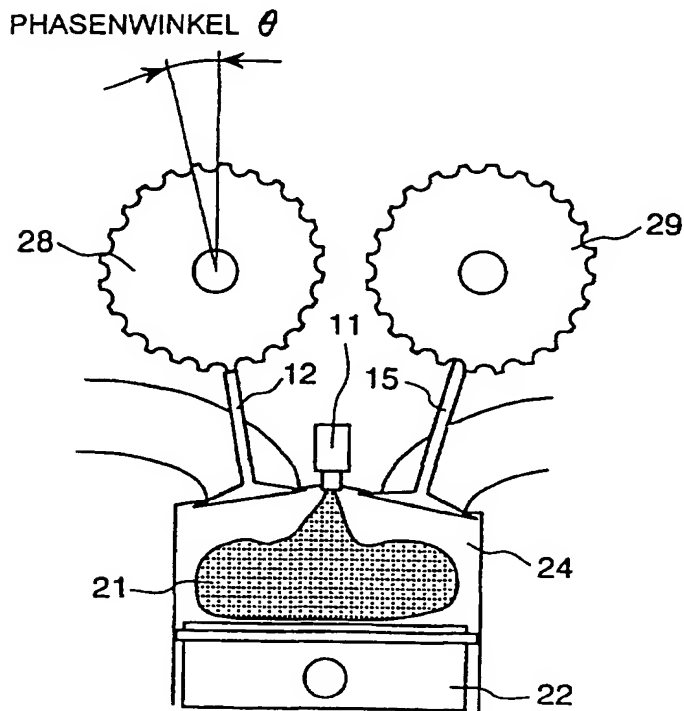


FIG. 29B

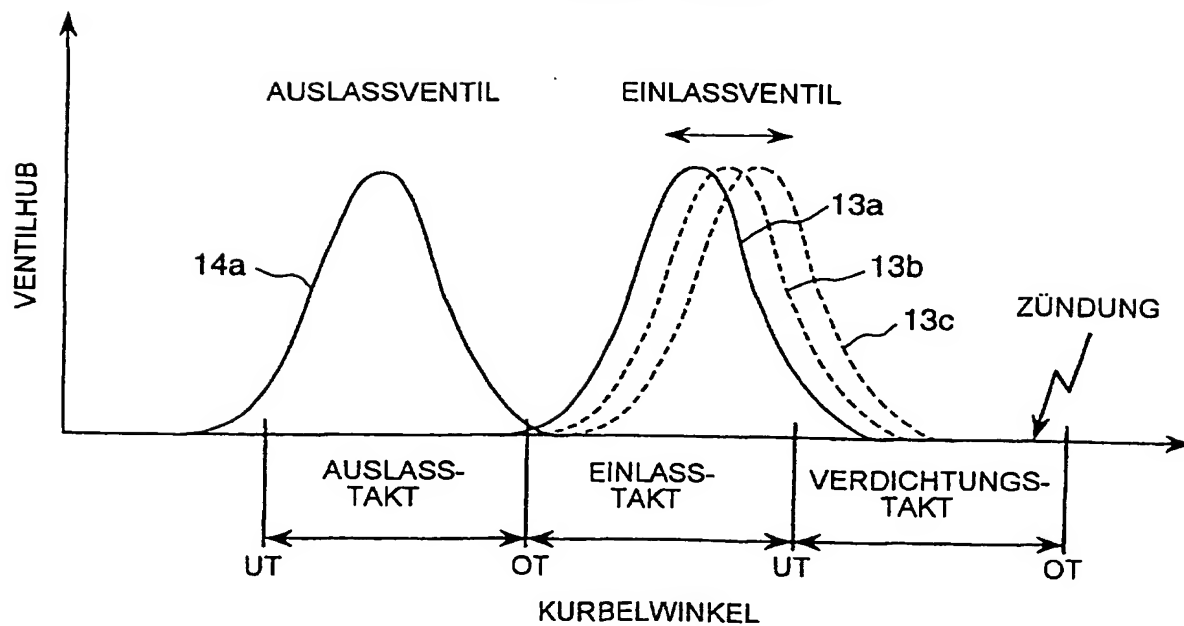


FIG. 30A

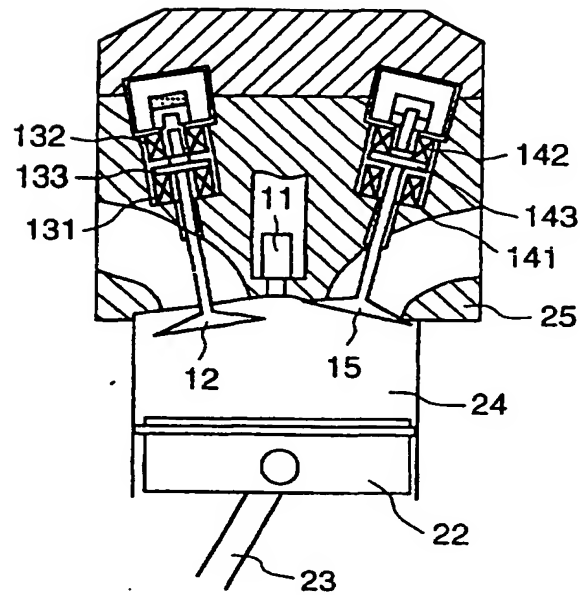


FIG. 30B

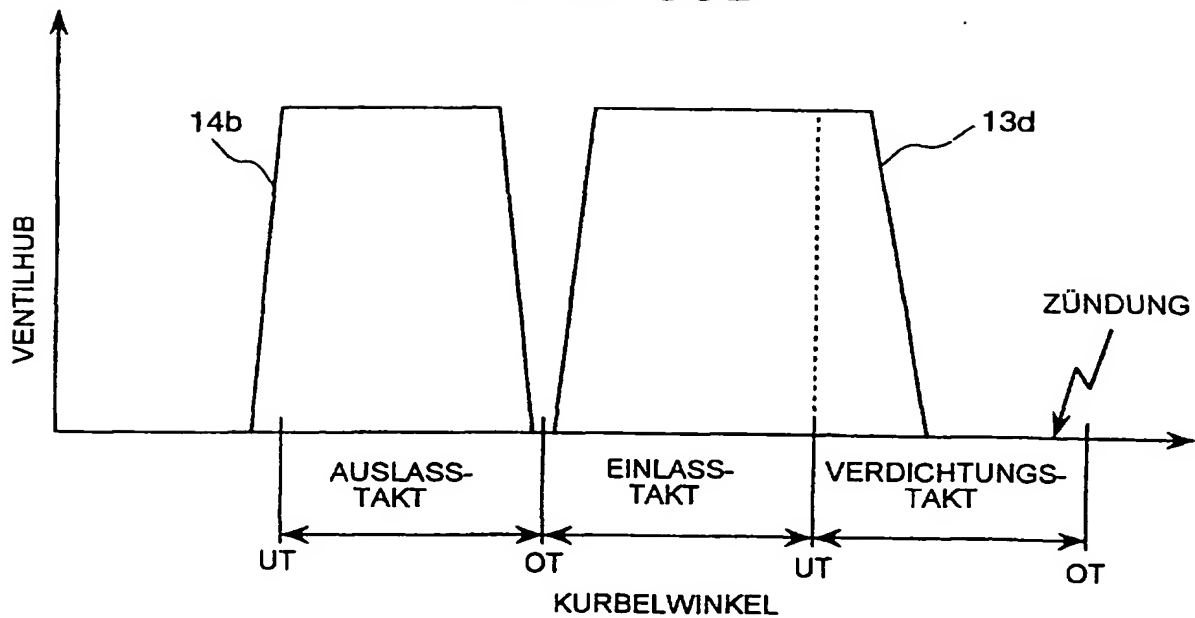


FIG. 31A

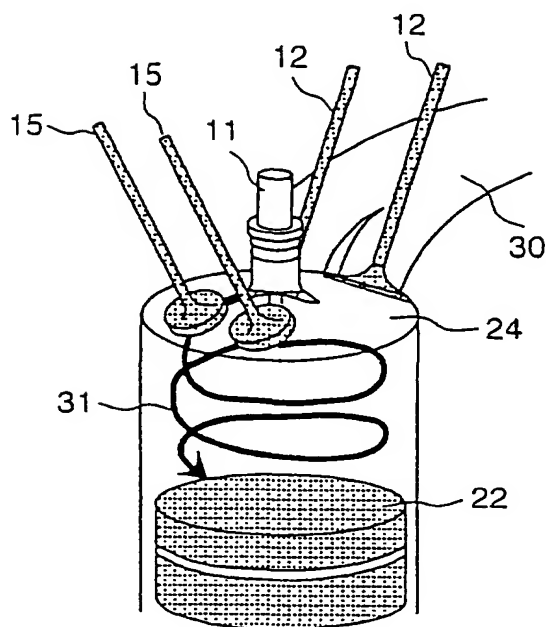


FIG. 31B

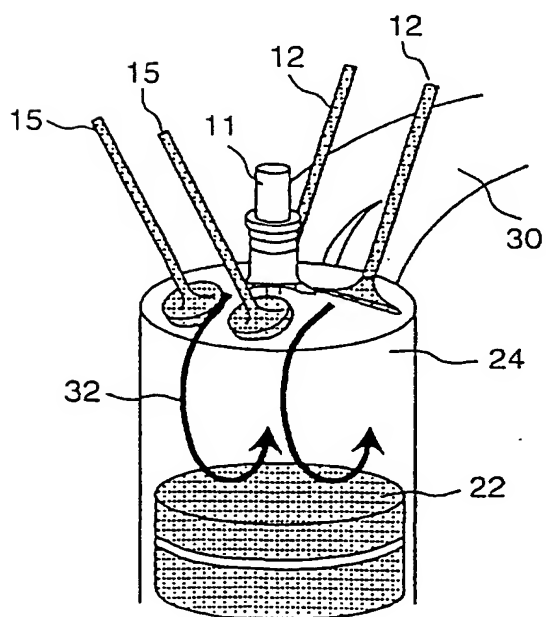


FIG. 32A

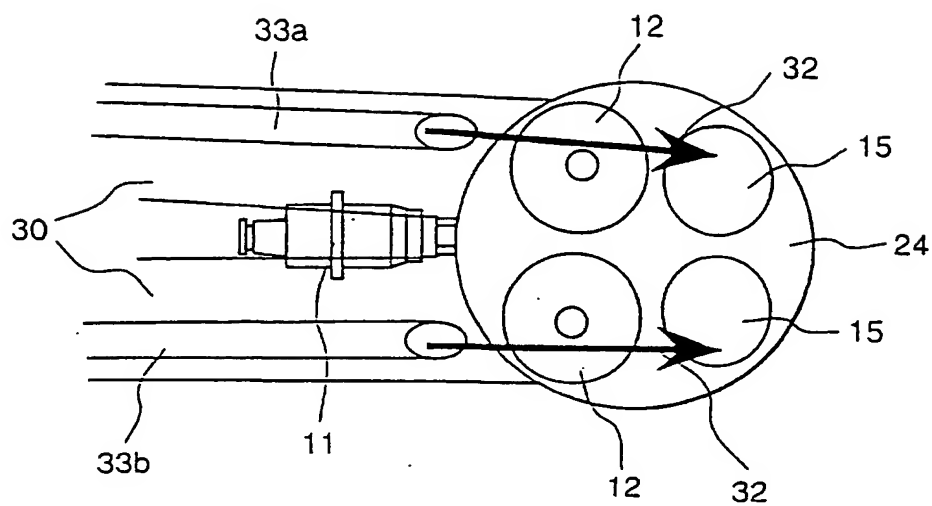


FIG. 32B

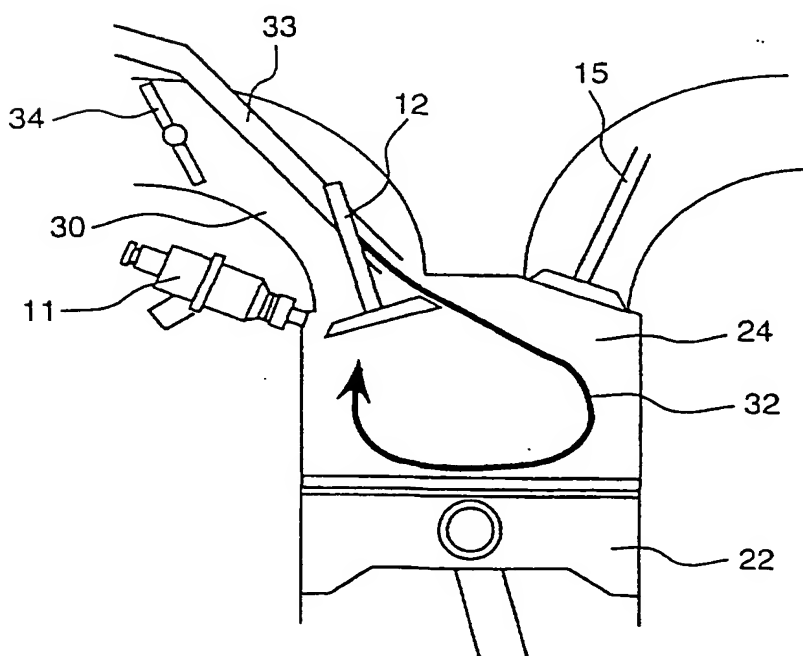


FIG. 33A

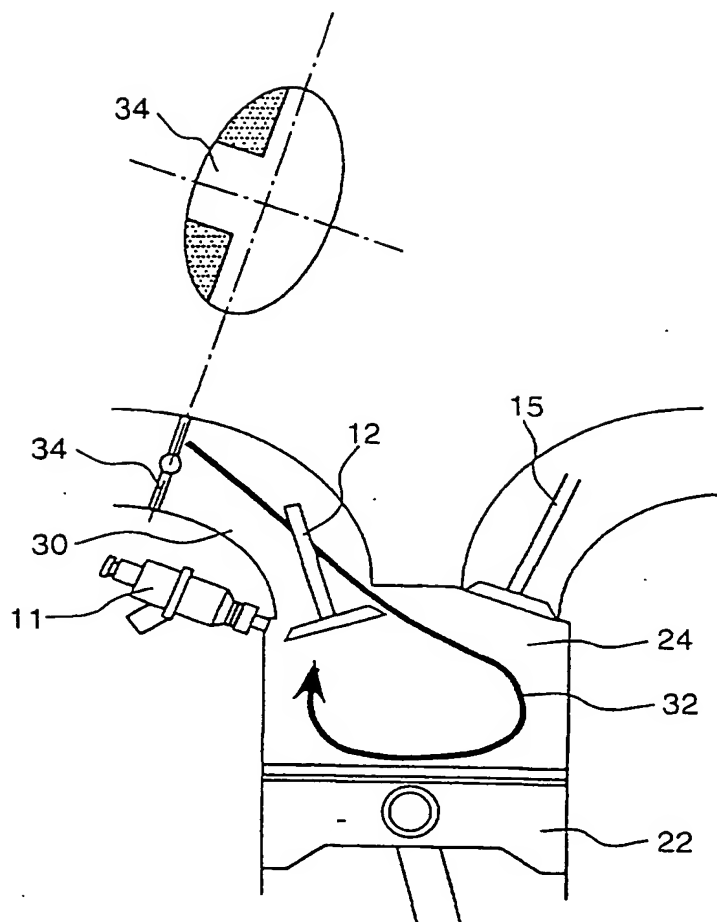


FIG. 33B

